

"Я электрик!"

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



"Я электрик!"

*Журнал
для облегчения жизни
специалистов-электриков*

www.electrolibrary.info

Редактор журнала: Повный Андрей

Сайт журнала «Я электрик!»: www.electrolibrary.info

Выпуск №18

Декабрь 2009 г.

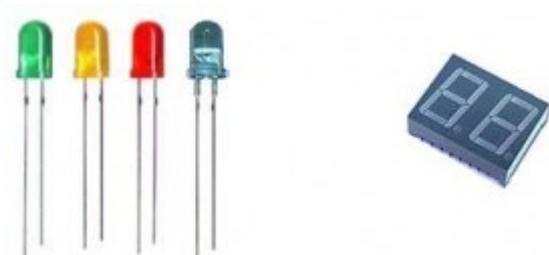
ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| Светодиоды и их применение | 3 |
| Схемы питания светодиодов | 10 |
| Своими руками: светодиодная лампочка | 15 |
| Светодиоды на скутер | 18 |
| Моргало светодиодное | 23 |
| Елочное украшение «Звездочка новогодняя электронная 5-лучевая с микропроцессорным управлением» | 24 |
| Что можно сделать, если у Вас сгорела компактная люминесцентная лампа | 34 |
| Можно ли отремонтировать электронный балласт? | 44 |
| Электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА): история, принцип работы, проблемы. Популярные микросхемы для ЭПРА. | 49 |
| Некоторые характеристики применяемых источников света и их взаимосвязь в светильниках | 58 |



Светодиоды и их применение

Светодиоды, или светоизлучающие диоды (СИД, в английском варианте LED — light emitting diode) — полупроводниковый прибор, излучающий некогерентный свет при пропускании через него электрического тока. Работа основана на физическом явлении возникновения светового излучения при прохождении электрического тока через р-п-переход. Цвет свечения (длина волны максимума спектра излучения) определяется типом используемых полупроводниковых материалов, образующих р-п-переход.



Достоинства:

1. Светодиоды не имеют никаких стеклянных колб и нитей накаливания, что обеспечивает высокую механическую прочность и надежность (ударная и вибрационная устойчивость)
2. Отсутствие разогрева и высоких напряжений гарантирует высокий уровень электро- и пожаробезопасности
3. Безынерционность делает светодиоды незаменимыми, когда требуется высокое быстродействие
4. Миниатюрность
5. Долгий срок службы (долговечность)
6. Высокий КПД,
7. Относительно низкие напряжения питания и потребляемые токи, низкое энергопотребление
8. Большое количество различных цветов свечения, направленность излучения
9. Регулируемая интенсивность

Недостатки:

1. относительно высокая стоимость. Отношение деньги/люмен для обычной лампы накаливания по сравнению со светодиодами составляет примерно 100 раз
2. малый световой поток от одного элемента
3. деградация параметров светодиодов со временем
4. повышенные требования к питающему источнику

Внешний вид и основные параметры:

У светодиодов есть несколько основных параметров.

1. Тип корпуса
2. Типовой (рабочий) ток
3. Падение (рабочее) напряжения

4. Цвет свечения (длина волны, нм)

5. Угол рассеивания

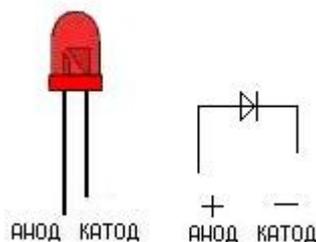
В основном под типом корпуса понимают диаметр и цвет колбы (линзы). Как известно, светодиод - полупроводниковый прибор, который необходимо запитать током. Так ток, которым следует запитать тот или иной светодиод называется типовым. При этом на светодиоде падает определенное напряжение.

Цвет излучения определяется как используемыми полупроводниковыми материалами, так и легирующими примесями. Важнейшими элементами, используемыми в светодиодах, являются: Алюминий (Al), Галлий (Ga), Индий (In), Фосфор (P), вызывающие свечение в диапазоне от красного до жёлтого цвета. Индий (In), Галлий (Ga), Азот (N) используют для получения голубого и зелёного свечений. Кроме того, если к кристаллу, вызывающему голубое (синее) свечение, добавить люминофор, то получим белый цвет светодиода. Угол излучения также определяется производственными характеристиками материалов, а также колбой (линзой) светодиода.

В настоящее время светодиоды нашли применение в самых различных областях: светодиодные фонари, автомобильная светотехника, рекламные вывески, светодиодные панели и индикаторы, бегущие строки и светофоры и т.д.

Схема включения и расчет необходимых параметров:

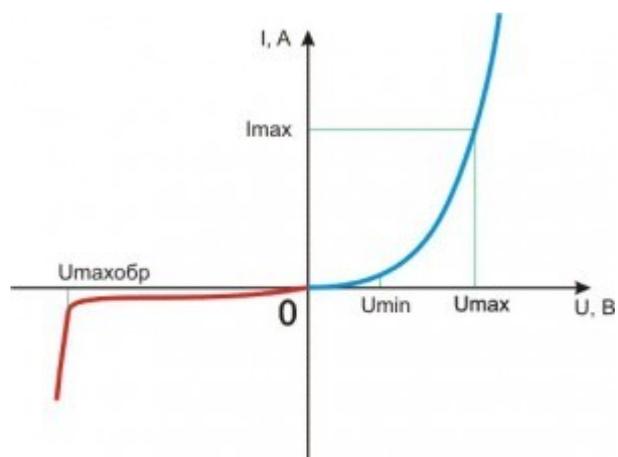
Так как светодиод является полупроводниковым прибором, то при включении в цепь необходимо соблюдать полярность. Светодиод имеет два вывода, один из которых катод (“минус”), а другой - анод (“плюс”).



Светодиод будет “гореть” только при прямом включении, как показано на рисунке

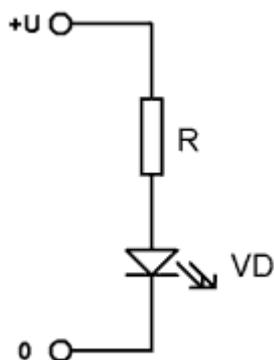
При обратном включении светодиод “гореть” не будет. Более того, возможен выход из строя светодиода при малых допустимых значениях обратного напряжения.

Зависимости тока от напряжения при прямом (синяя кривая) и обратном (красная кривая) включении показаны на следующем рисунке. Не трудно определить, что каждому значению напряжения соответствует своя величина тока, протекающего через диод. Чем выше напряжение, тем выше значение тока (и тем выше яркость). Для каждого светодиода существуют допустимые значения напряжения питания U_{max} и $U_{maxобр}$ (соответственно для прямого и обратного включений). При подаче напряжений свыше этих значений наступает электрический пробой, в результате которого светодиод выходит из строя. Существует и минимальное значение напряжения питания U_{min} , при котором наблюдается свечение светодиода. Диапазон питающих напряжений между U_{min} и U_{max} называется “рабочей” зоной, так как именно здесь обеспечивается работа светодиода.



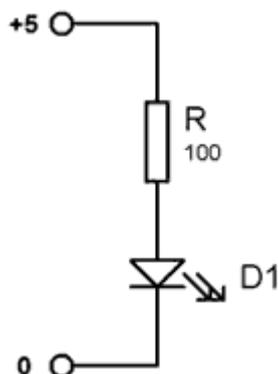
1. Имеется один светодиод, как его подключить правильно в самом простом случае?

Что бы правильно подключить светодиод в самом простом случае необходимо подключить его через токоограничивающий резистор.



Пример 1

Имеется светодиод с рабочим напряжением 3 вольта и рабочим током 20 мА. Необходимо подключить его к источнику с напряжением 5 вольт.



Рассчитаем сопротивление токоограничивающего резистора

$$R = U_{гасящее} / I_{светодиода}$$

$$U_{гасящее} = U_{питания} - U_{светодиода}$$

Упитания = 5 В

Усветодиода = 3 В

Исветодиода = 20 мА = 0.02 А

$R = (5-3)/0.02 = 100 \text{ Ом} = 0.1 \text{ кОм}$

То есть надо взять резистор сопротивлением 100 Ом

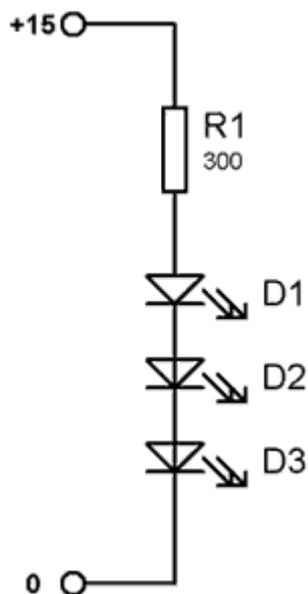
2. Как подключить несколько светодиодов?

Несколько светодиодов подключаем последовательно или параллельно, рассчитывая необходимые сопротивления.

Пример 1.

Имеются светодиоды с рабочим напряжением 3 вольта и рабочим током 20 мА. Надо подключить 3 светодиода к источнику 15 вольт.

Производим расчет: 3 светодиода на 3 вольта = 9 вольт , то есть 15 вольтового источника достаточно для последовательного включения светодиодов



Расчет аналогичен предыдущему примеру

$R = U_{\text{гасящее}} / I_{\text{светодиода}}$

$U_{\text{гасящее}} = U_{\text{питания}} - N * U_{\text{светодиода}}$

Упитания = 15 В

Усветодиода = 3 В

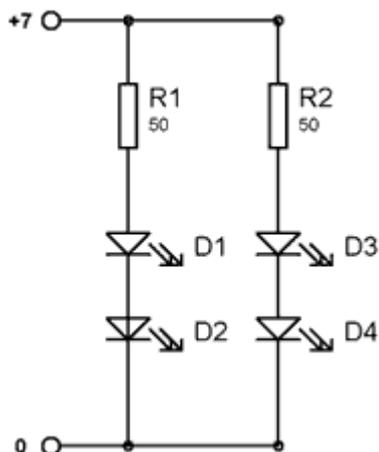
Исветодиода = 20 мА = 0.02 А

$R = (15-3*3)/0.02 = 300 \text{ Ом} = 0.3 \text{ кОм}$

Пример 2.

Пусть имеются светодиоды с рабочим напряжением 3 вольта и рабочим током 20 мА. Надо подключить 4 светодиода к источнику 7 вольт

Производим расчет: 4 светодиода на 3 вольта = 12 вольт, значит нам не хватит напряжения для последовательного подключения светодиодов, поэтому будем подключать их последовательно-параллельно. Разделим их на две группы по 2 светодиода. Теперь надо сделать расчет токоограничивающих резисторов. Аналогично предыдущим пунктам делаем расчет токоограничительных резисторов для каждой ветви.



$$R = U_{\text{гасящее}} / I_{\text{светодиода}}$$

$$U_{\text{гасящее}} = U_{\text{питания}} - N * U_{\text{светодиода}}$$

$$U_{\text{питания}} = 7 \text{ В}$$

$$U_{\text{светодиода}} = 3 \text{ В}$$

$$I_{\text{светодиода}} = 20 \text{ мА} = 0.02 \text{ А}$$

$$R = (7 - 2 * 3) / 0.02 = 50 \text{ Ом} = 0.05 \text{ кОм}$$

Так как светодиоды в ветвях имеют одинаковые параметры, то сопротивления в ветвях одинаковые.

Пример 3.

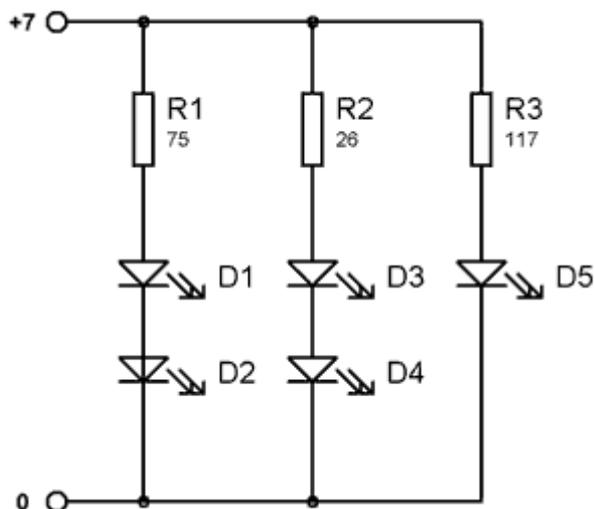
Если имеются светодиоды разных марок то комбинируем их таким образом что бы в каждой ветви были светодиоды только ОДНОГО типа (либо с одинаковым рабочим током). При этом необязательно соблюдать одинаковость напряжений, потому что мы для каждой ветви рассчитываем свое собственное сопротивление

Например имеются 5 разных светодиодов:

- 1ый красный напряжение 3 вольта 20 мА
- 2ой зеленый напряжение 2.5 вольта 20 мА
- 3ий синий напряжение 3 вольта 50 мА
- 4ый белый напряжение 2.7 вольта 50 мА
- 5ый желтый напряжение 3.5 вольта 30 мА

Так как разделяем светодиоды по группам по току

- 1ый и 2ой
- 2) 3ий и 4ый
- 3) 5ый



рассчитываем для каждой ветви резисторы

$$R = U_{\text{гасящее}} / I_{\text{светодиода}}$$

$$U_{\text{гасящее}} = U_{\text{питания}} - (U_{\text{светодиодаY}} + U_{\text{светодиодаX}} + \dots)$$

$$U_{\text{питания}} = 7 \text{ В}$$

$$U_{\text{светодиода1}} = 3 \text{ В}$$

$$U_{\text{светодиода2}} = 2.5 \text{ В}$$

$$I_{\text{светодиода}} = 20 \text{ мА} = 0.02 \text{ А}$$

$$R1 = (7 - (3 + 2.5)) / 0.02 = 75 \text{ Ом} = 0.075 \text{ кОм}$$

аналогично

$$R2 = 26 \text{ Ом}$$

$$R3 = 117 \text{ Ом}$$

Аналогично можно расположить любое количество светодиодов

ВАЖНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ!!!

При подсчете токоограничительного сопротивления получаются числовые значения которых нет в стандартном ряде сопротивлений, ПОЭТОМУ подбираем резистор с сопротивлением немного большим чем рассчитали.

3. Что будет если имеется напряжение источник с напряжением 3 вольта (и меньше) и светодиод с рабочим напряжением 3 вольта?

Допустимо (НО НЕЖЕЛАТЕЛЬНО) включать светодиод в цепь без токоограничительного сопротивления. Минусы очевидны – яркость зависит от напряжения питания. Лучше использовать dc-dc конвертеры (преобразователи повышающие напряжение).

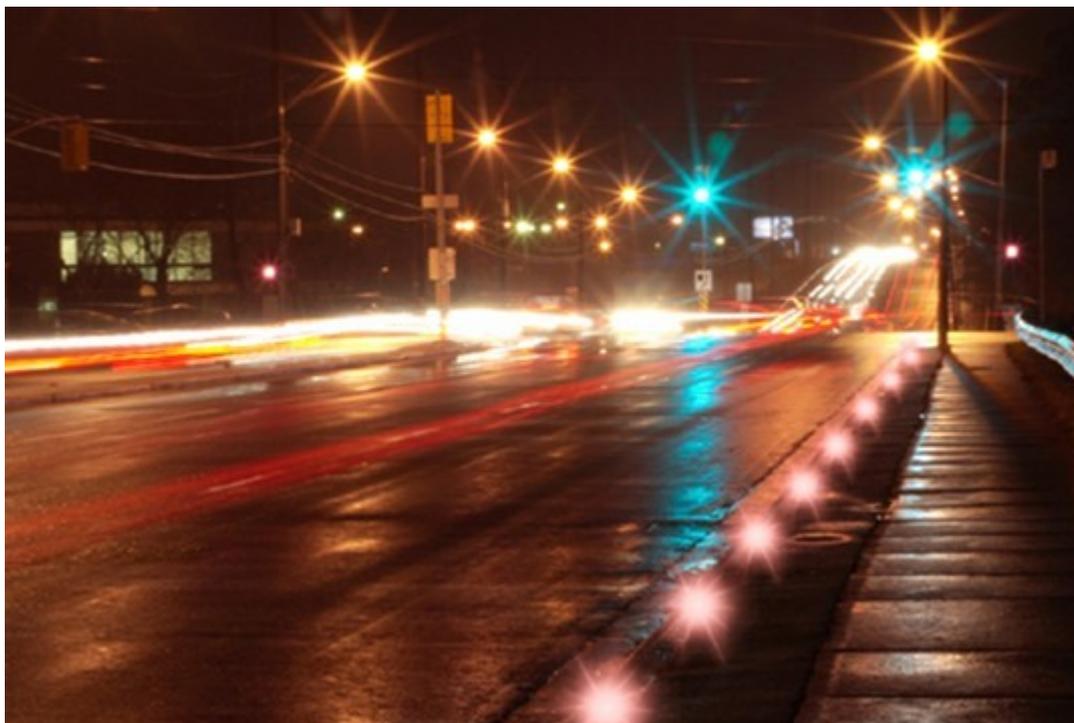
4. Можно ли включать несколько светодиодов с одинаковым рабочим напряжением 3 вольта параллельно друг другу к источнику 3 вольта (и менее)? В «китайских» фонариках так ведь и сделано.

Опять, это допустимо в радилюбительской практике. Минусы такого включения: так как светодиоды имеют определенный разброс по параметрам, то будет наблюдаться следующая картина, одни будут светиться ярче, а другие тусклее, что не является эстетичным, что мы и наблюдаем в приведенных выше фонариках. Лучше использовать dc-dc конвертеры (преобразователи повышающие напряжение).

ВАЖНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ!!!

Представленные выше схемы не отличаются высокой точность рассчитанных параметров, это связано с тем что при протекании тока через светодиод происходит выделение тепла в нем, что приводит к разогреву р-п перехода, наличие токоограничивающего сопротивления снижает этот эффект, но установление баланса происходит пр и немного повышенном токе через светодиод. Поэтому целесообразно для обеспечения стабильности применять стабилизаторы тока, а не стабилизаторы напряжения. При применении стабилизаторов тока, можно подключать только одну ветвь светодиодов.

Источник: <http://www.cxem.net/>



Схемы питания светодиодов

Введение

Использование светодиодов для освещения и индикации — это надежное и экономичное решение. **Светодиоды** имеют очень **высокий КПД, надежны, экономичны, безопасны, долговечны** в сравнении с лампами накаливания и люминесцентными лампами. В данной статье рассматриваются способы включения светодиодов. Описываются способы питания светодиода от компьютера, блока питания или прямо от бытовой сети переменного тока (розетки).

Что такое светодиод и как он работает

Светодиод — это, во-первых, диод. И точно так же как у обычного диода, у светодиода есть два вывода (контакта питания): анод (**плюс**) и катод (**минус**). Это связано с тем, что светодиод является полупроводником, то есть, проводит электрический ток только в одну сторону (от анода к катоду), и не проводит в обратную (от катода к аноду).

Итак, для того, чтобы светодиод засветился, надо пропускать через него электрический ток в направлении от анода к катоду. Для этого следует подать на его анод **положительное**, а на катод — **отрицательное** напряжение.

Тут и начинается самое неприятное. Оказывается, что светодиод нельзя подключать к источнику питания напрямую, поскольку это приводит к немедленному сгоранию светодиода. Причина сего поведения кроется в следующем. Выражаясь простым языком, светодиод является очень жадной и неразумной личностью: получив неограниченное питание он начинает потреблять значительную мощность, которую физически не способен выдержать.

Как мы все уже догадались, для нормальной работы светодиоду нужен строгий ограничитель. Именно с этой целью последовательно со светодиодом устанавливают резистор, который служит надежным ограничителем тока и мощности. Этот резистор называют ограничительным.

Какие бывают светодиоды

Во-первых, светодиоды можно разделить **по цветам: красный, желтый, зеленый, голубой, фиолетовый, белый**. Большинство современных светодиодов выполнено из бесцветного прозрачного пластика, поэтому невозможно определить цвет светодиода не включив его.

Во-вторых, светодиоды можно разделить **по номинальному току потребления**. Широко распространены модели с током потребления 10 миллиампер (мА) и 20 мА. Следует помнить, что светодиод не в состоянии контролировать потребляемый ток. Именно поэтому мы вынуждены использовать ограничительные резисторы.

В-третьих, светодиоды можно разделить по такому параметру, как **падение напряжения в открытом состоянии** при номинальном токе. Несмотря на то, что про этот параметр часто забывают — его влияние весьма и весьма значительно. Благодаря этому параметру иногда можно избавиться от ограничивающего резистора.

Параметры светодиодов

Номинальный прямой ток

Номинальный прямой ток — это электрический ток, который мы должны пропускать через светодиод. Слово **прямой** уточняет, что речь идет о токе, текущем от анода к катоду. Слово **номинальный** говорит о том, что при таком токе светодиод будет исправно работать отведенный для него срок жизни и больше. Для перестраховки при расчете схемы можно принять номинальный ток на 5...10 % ниже, чем рекомендуемый производителем. Это незначительно снизит яркость свечения светодиода, зато в разы повысит его надежность и долговечность.

Падение напряжения на светодиоде

Падение напряжения при номинальном прямом токе — это напряжение между катодом и анодом, действующее при пропускании через светодиод номинального тока.

Этот параметр может значительно повлиять на схему подключения светодиода. Например, невозможно запитать светодиод с **падением напряжения** 3,2 вольт от двух аккумуляторов с напряжением по 1,2 вольт или от одного с напряжением 2,5 вольт.

Итак, для питания светодиода необходим источник питания, выдающий напряжение не меньше, чем **падение напряжения** при номинальном токе.

Подключаем светодиод к компьютеру

Светодиод(ы) можно подключить к компьютеру разными способами.

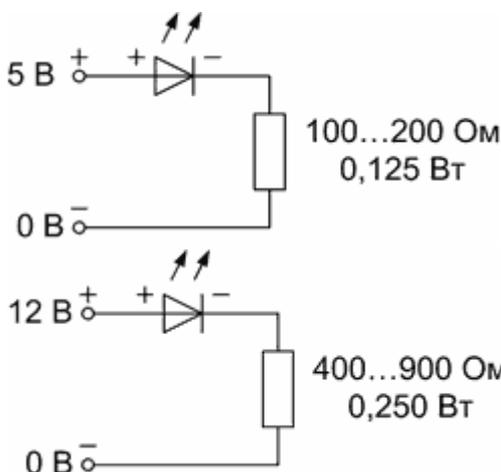
Для подключения светодиодов в качестве простого освещения удобно использовать разъемы блока питания, выдающие 5 и 12 вольт. Для подключения светодиодов в качестве светомузыки удобно использовать LPT порт компьютера.

Подключение светодиодов к блоку питания

Блок питания компьютера — это замечательный источник питания для светодиода или линейки из светодиодов, поскольку он вырабатывает стабилизированное напряжение +5 вольт (В) и +12 В.

Итак, разъем имеет четыре контакта, к которым подходят четыре же провода: два из них черные — это «ноль», один красный выдает напряжение +5 вольт, и один желтый выдает +12 вольт.

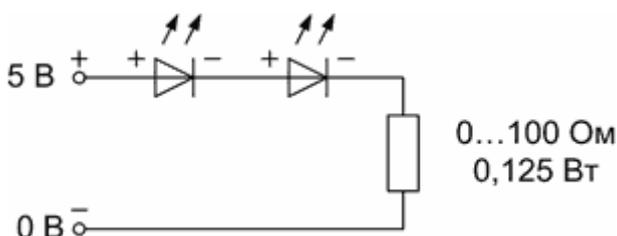
Рассмотрим схему подключения **одного** светодиода.



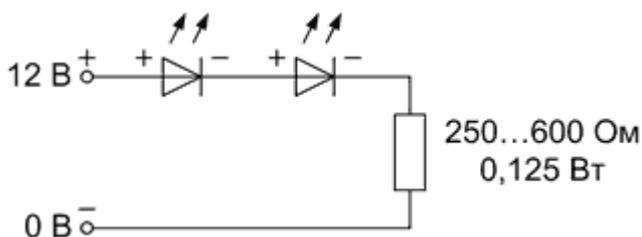
При питании от 5 В последовательно со светодиодом необходимо включить ограничительный резистор номиналом от 100 до 200 Ом.

При питании от 12 В последовательно со светодиодом требуется включить ограничительный резистор номиналом от 400 до 900 Ом.

Рассмотрим схему подключения **двух** светодиодов.

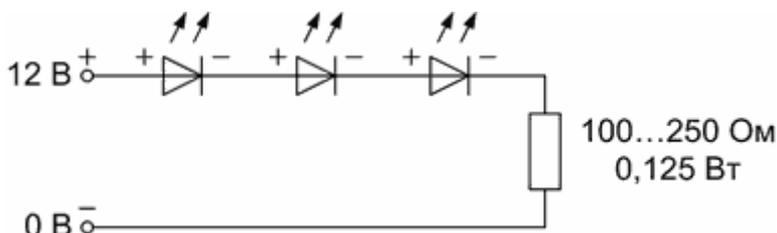


При питании двух светодиодов от 5 вольт, в схему надо включить резистор до 100 Ом. Некоторые светодиоды в такой схеме будут светиться слишком тускло.

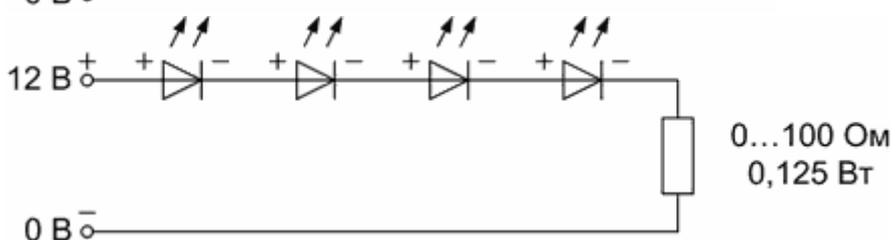


При питании двух светодиодов от 12 В, в схему надо включить резистор от 250 до 600 Ом.

Рассмотрим схему подключения **трех** и **четырёх** светодиодов.



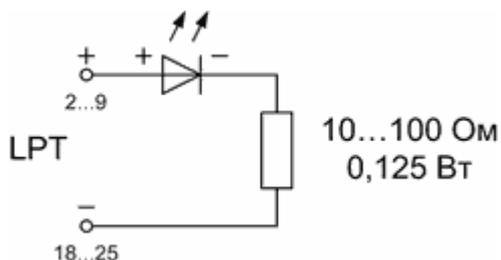
При питании трех светодиодов от 12 В, следует использовать резистор номиналом от 100 до 250 Ом.



Некоторые светодиоды в такой схеме включения будут светиться слишком тускло.

Выше приведены схемы **последовательного** включения светодиодов. Существуют также способы **параллельного** включения светодиодов, однако они не экономичны и небезопасны, как для блока питания, так и для светодиодов. Кроме того, схемы **параллельного** включения сложны в расчетах, излишне требовательны к источнику питания, наконец, просто глупы, поэтому такие схемы здесь не приведены.

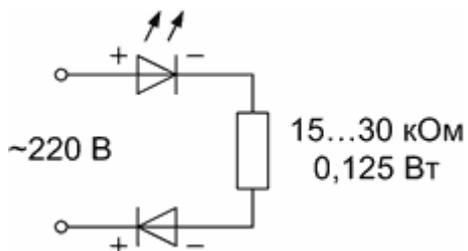
Подключение светодиодов к LPT порту



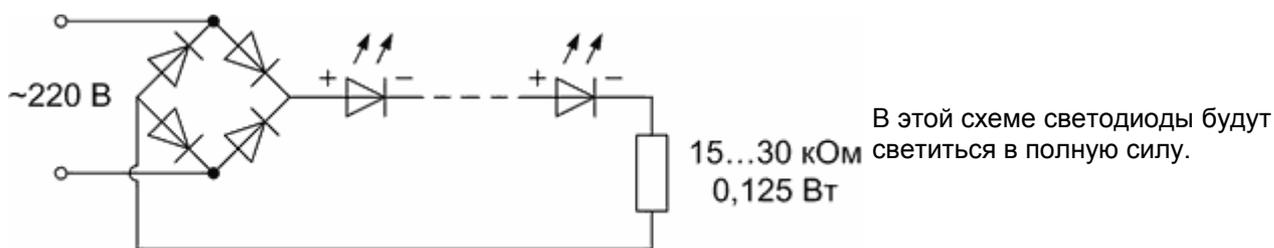
При питании светодиода от порта LPT последовательно со светодиодом можно включить резистор номиналом до 100 Ом. В большинстве случаев, при питании светодиода от LPT порта резистор бывает не нужен. LPT порт предварительно должен быть переведен в **режим EPP**. Подробное описание способа подключения светодиодов к LPT порту содержится в статье «[LPT порт и 12 светодиодов](#)».

Подключение светодиода к сети 220 вольт (к розетке)

Внимание! При подключении светодиодов к сети питания 220 вольт следует строго соблюдать меры по обеспечению электробезопасности.



При подключении светодиода к бытовой электросети переменного тока следует использовать ограничительный резистор номиналом 15 кОм для тока 10 мА или 30 кОм для тока 20 мА. Для дополнительной защиты светодиода в цепь можно дополнительно включить обычный диод. В этой схеме светодиод будет светиться лишь в полсилы.



Обе схемы позволяют последовательно включить огромное количество светодиодов (до 70 штук).

Следует осознавать, что подключение светодиодов к розетке 220 В создает повышенную опасность поражения электрическим током.

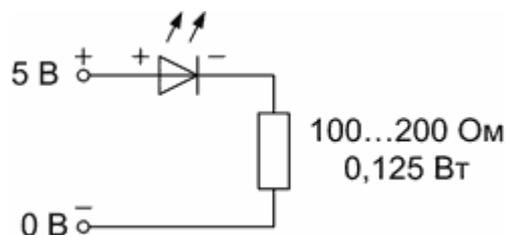
Универсальная методика расчета схемы питания светодиодов

Как выбрать токоограничивающий резистор?

Для того чтобы ограничить ток, текущий через светодиод, применяют ограничительные резисторы. Как правило, номинал ограничительного резистора можно выбрать ориентировочно из рекомендуемого диапазона. Ниже приведен точный способ расчета номинального сопротивления резистора.

Расчет схемы для одного светодиода

За основу берется следующая схема:



Резистор выбирается по формуле:

$$R = \frac{U - dU}{I}$$

Здесь **R** — сопротивление резистора, **U** — напряжение питания, **dU** — падение напряжения, **I** — номинальный ток светодиода. Например, при напряжении питания **5** вольт, падении напряжения **3,15** вольт и номинальном токе **0,020** ампера (или 20 миллиампер) последовательно со светодиодом необходимо установить сопротивление номиналом **100 Ом**:

$$R = \frac{5 - 3,15}{0,020} = 92,5 \approx 100 \text{ (Ом)}$$

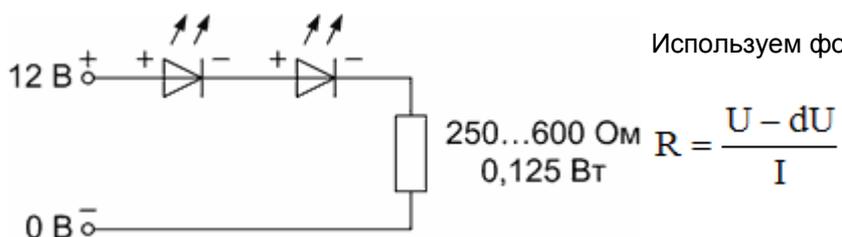
Расчет схемы для нескольких светодиодов

При последовательном включении нескольких светодиодов формула расчета не меняется. Однако вместо **падения напряжения** на одном светодиоде **dU**, в формулу следует подставить **сумму падений напряжения** каждого светодиода.

Отсюда вытекает следующее свойство последовательного включения светодиодов. При последовательном включении светодиодов все светодиоды должны быть рассчитаны на

одинаковый номинальный ток (10 мА, 15 мА, 20 мА), однако номинальное падение напряжения этих светодиодов может быть разным.

Пример:



Подключаем последовательно 2 светодиода к источнику питания 12 вольт. Оба светодиода имеют номинальный ток 20 мА. Падение напряжения на первом — 2,5 В, на втором — 3,2 В.

Используем формулу:

Подставляем значения:

$$R = \frac{12 - (2,5 + 3,2)}{0,020} = 315 \text{ (Ом)}$$

Источник: <http://mavius.narod.ru/>



Своими руками: светодиодная лампочка

Конечно, чтобы сделать такую лампочку, вам понадобится немало терпения и душевных сил, но, с другой стороны, бессчетные часы чистого яркого света вам обеспечены, и они того стоят.

Светодиодная лампочка делается на базе обычной галогеновой лампы GU4 (MR11), и в результате получается девайс на 12 вольт, который можно использовать и дома, и на улице.

Нам нужно:

- 1 галогеновая лампа (перегоревшая или новая, это уж как хотите), со снятым стеклом
- светодиоды - столько, сколько хотите. Но не забывайте о том, что более чем с 22 светодиодами работать уже почти невыносимо.
- доступ к сайту <http://led.linear1.org/led.wiz> - это онлайн-калькулятор схем для изготовления светодиодных лампочек, выдающий вам схему именно для вашего количества светодиодов, напряжения от источника питания и т.п.
- супер-клей и монтажный клей. Можно использовать вообще любой клей, который быстро схватывается и сохнет.
- медный провод
- паяльник и припой
- маленький кусочек листового алюминия толщиной 0,2 мм. Подойдет даже банка из-под "Кока-Колы", если вы сумеете выпрямить вырезанный из нее кусочек металла.
- дырокол
- резисторы - какие, смотрим по сгенерированной схеме
- некоторые другие бытовые инструменты и много-много терпения



1. Выньте все ненужное из галогеновой лампы

Возьмите обычную отвертку и начните вынимать белую замазку (она видна около ножек лампы). Замазка отлично крошится, если как следует надавить на нее. Продолжайте это увлекательное занятие до тех пор, пока не сможете перейти к следующему этапу. Действуйте осторожно, потому что **галогеновая лампа** достаточно хрупкая, чтобы испортить ее слишком сильным нажатием на отвертку.

2. Выберите лампочку из отражателя.

После того, как вы вынули столько замазки, сколько смогли, возьмите молоток и положите лампочку на стол ножками вверх. Ударьте молотком по ножкам, мягко, но сильно. **Галогеновая лампочка** должна выпасть на стол, и отражатель останется пустым. Если в лампе останется немножко белой замазки, ничего страшного в этом нет - наоборот, это может пригодиться, когда вы продолжите работу.

3. Сделайте алюминиевый диск, на котором будут держаться светодиоды.

Этот диск будет еще и дополнительно работать отражателем. Для того, чтобы вырезать его, вам будет нужен бумажный шаблон. Такие шаблоны есть здесь, они рассчитаны на **светодиоды** диаметром 5 мм и распечатываются в натуральную величину.

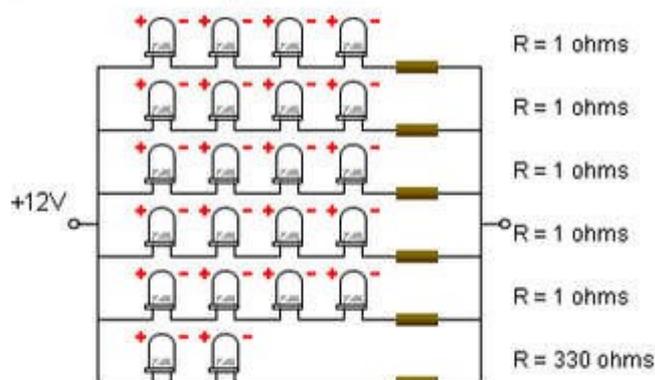
Распечатайте нужный вам шаблон и вырежьте его по контуру ножницами (дырочки вырезать не надо). Каплей клея зафиксируйте шаблон на листе алюминия и вырежьте алюминиевый круг по контуру шаблона. Затем выберите в нем дырочки дыроколом.

4. Сгенерируйте схему соединения светодиодов.

Для этого идем на страницу "LED series/parallel array wizard" и заполняем четыре поля:

- Source voltage (напряжение источника питания - обычно для таких ламп 12 вольт),
- diode forward voltage (напряжение самого светодиода. Оно различается для светодиодов разных цветов: IR - 1.5, красный - 2.0, оранжевый - 2.0, желтый - 2.1, зеленый - 2.2, истинный зеленый - 3.3, синий - 3.3, белый - 3.3, ультрафиолетовый - 3.3, сини (430 nm) - 4.6),
- diode forward current (mA) (сила тока светодиода в миллиамперах. Должна быть указана на упаковке светодиода. Если не указана, по умолчанию ставьте в этом поле "20")
- number of LEDs in your array (количество светодиодов в вашем устройстве)

Solution 0: 4 x 5 array, 2 extra LEDs



The wizard says: In solution 0:

- each 1 ohm resistor dissipates 0.4 mW
- the wizard thinks 1/4W resistors are fine for your application
- the 330 ohm resistor dissipates 132 mW
- the wizard thinks 1/4W resistors are fine for your application
- together, all resistors dissipate 134 mW
- together, the diodes dissipate 1320 mW
- total power dissipated by the array is 1454 mW
- the array draws current of 120 mA from the source.

Отмечаем "wiring diagram" и нажимаем "design my array". Появляется схема соединения светодиодов (вместе с резисторами).

5. Собираем светодиоды воедино.

Положите диск на какую-нибудь подставку вроде той, что на фото. Если ничего подобного нет, можно взять кусок любой трубки, подходящей по диаметру (хоть картонной из рулона туалетной бумаги). Вставьте **светодиоды** в дырочки алюминиевого круга ножками вверх. Следите за тем, чтобы катод одного светодиода был рядом с анодом другого - так проще будет их паять.

Между светодиодами капайте чуть-чуть супер-клея. Делайте это очень аккуратно, чтобы клей не попал на ножки **светодиодов**, иначе когда вы станете их паять, клей даст почти прозрачный дымок, очень вредный для слизистой глаз. Плакать будете по меньшей мере час!

6. Сделайте финальную склейку.

После того, как вы поставили на место все **светодиоды**, возьмите строительный клей (например, "Титан") и аккуратно залейте светодиоды до самых ножек, чтобы конструкция стала единым целым. Прежде чем клей окончательно застынет, может пройти от нескольких часов до суток, но лучше дождаться, пока клей не затвердеет.

7. Спаиваем ножки светодиодов.

Возьмите ногтекуску (такая штучка, которой можно стричь ногти, как будто откусывая их) и подрежьте ножки светодиодов, помня, что рядом с катодом одного светодиода находится анод другого. Главное - не перепутать, где анод, где - катод.

Теперь спаиваем ножки. Схема советует делать цепочки по 4 светодиода в каждой - значит, спаиваем последовательно 4 светодиода, плюс к минусу. У начального светодиода цепочки, который будет подключен к питанию, оставляем длинной ножку "+", у конечного светодиода цепочки - ножку "-". Чтобы не перепутать плюс с минусом, укоротите минусовые ножки наполовину.

8. Подсоединяем резисторы.

Теперь у нас есть спаянные вместе **светодиоды**, от которых торчат шесть длинных плюсовых ножек и шесть коротких минусовых ножек. Самое время теперь припаять резисторы к минусовым ножкам.

Но сначала спаяйте плюсовые ножки светодиодов так, чтобы они все были соединены между собой. Это нужно сделать так, чтобы плюсовые ножки не соприкасались ни с какими другими, уже спаянными или нет, иначе нас ждет короткое замыкание. Теперь припаиваем резисторы к минусовым ножкам вертикально. Паяйте не слишком неторопливо - температура жала паяльника вполне может разрушить светодиод, с которым находится рядом.

После этого спаяйте резисторы вместе согласно схеме - желательно при это уже не располагать их вертикально, а уложить на светодиоды, чтобы вся конструкция вместились в готовый отражатель.

В итоге, у нашей конструкции должны остаться только две группы "ножек" - плюсовые ножки светодиодов (плюс) и ножка резистора (минус). Припаиваем к ним по куску медного провода (или проволоки, что позволит имитировать цоколь галогеновой лампы) - тот, что припаян к минусу, должен быть покороче. Если у вас есть клеевой пистолет, заполните клеем все пространство между проводами и ножками, чтобы их не закоротило - впрочем, это опционально.

9. Сборка лампы

Теперь возьмем отражатель от **галогеновой лампы** и вставим в него на светодиодный диск. Места должно быть более чем достаточно, если вы спаяли все примерно как на фотографии. После чего приклейте диск с отражателем любым строительным клеем или супер-клеем - приклейте как можно лучше, потому что этот слой клея - единственное, что делает лампу единым целым.

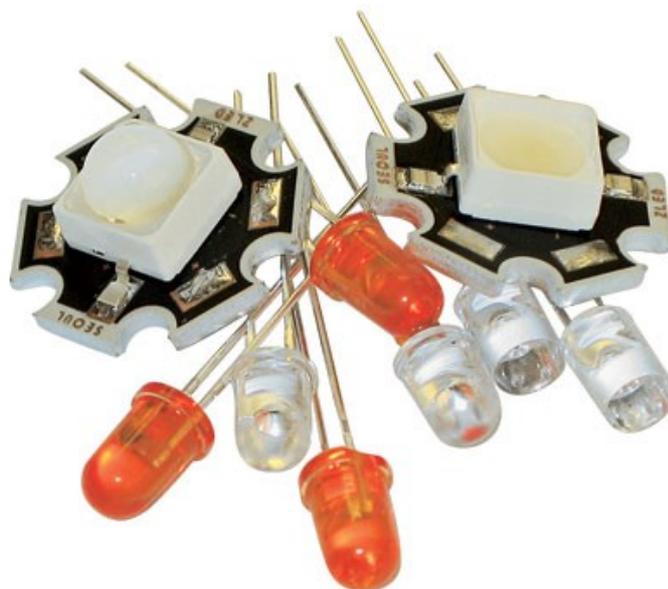
Подождите, пока клей застынет (лучше всего все это время держать светодиодный диск прижатым к отражателю), после чего перманентным маркером напишите на цоколе лампы, где плюс, где минус, и для какого напряжения она годится.

10. Финальные штрихи.

Отрежьте провода (или проволоку) так, чтобы их длина была равна длине ножек **галогенной лампы**. Настало время для проверки - пу к источнику тока на 12 вольт (подойдет автомобильный аккумулятор), задержите дыхание и... все работает!

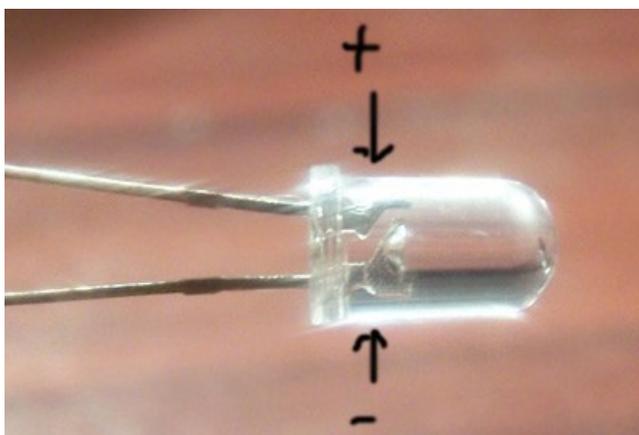
На фотографии, к сожалению, не видно, насколько яркий свет производит эта лампа, но если смотреть на лампу в упор, этот свет ослепляет. Когда вы будете делать эту лампу, учтите, что очень важно, какие именно светодиоды вы выберете. Слегка рассеянный свет в нашем случае лучше, чем узконаправленный. И ещё: лучше всего такая **лампа** работает не с привычным нам напряжением примерно 230 вольт, а именно с 12-вольтовыми источниками тока.

Источник: <http://luch.ua/>



Светодиоды на скутер

Не раз в последнее время приходится выслушивать, пояснять, и даже спорить о технологии подключения светодиодов применительно к скутеру. Почему-то значительная часть людей в первую очередь интересуется напряжением, на которое рассчитан светодиод и забывают о том, что все-таки это диод, через который протекает ток как и через обычный выпрямительный диод. А вы попробуйте подключить обычный выпрямительный диод к аккумулятору – он просто взорвется (если будет маленькая мощность) или разогреется и сгорит. Поэтому все диоды включаются в цепь только последовательно с нагрузкой в качестве которой может быть установлен резистор.



Главная цель почти всех страждущих – правильно подобрать резистор, через который в дальнейшем будет подключен светодиод.

Как сделать это быстрее всего и с наилучшим результатом? Попробую систематизировать имеющийся опыт, дабы в дальнейшем отправлять всех за информацией сюда.

Методика - чрезвычайно проста и 100% эффективна.

Для начала необходимо выяснить номинальный ток потребления искомого светодиода. Токи у светодиодов малой яркости (до десятков или сотен мКд) около 10мА, у светодиодов яркостью 1-8Кд рабочий ток около 20мА, для более ярких белых 10..15Кд около 30мА и т.п. но еще у любых диодов есть такой параметр как падение напряжения. В зависимости от цвета светодиода падение

напряжения отличается - примерно от 2в у красных до 3,5в у синих и белых.

Напряжение на АКБ может быть 12...14в и лучше рассчитывать с запасом примерно на 14в, чтобы не сжечь светодиоды.

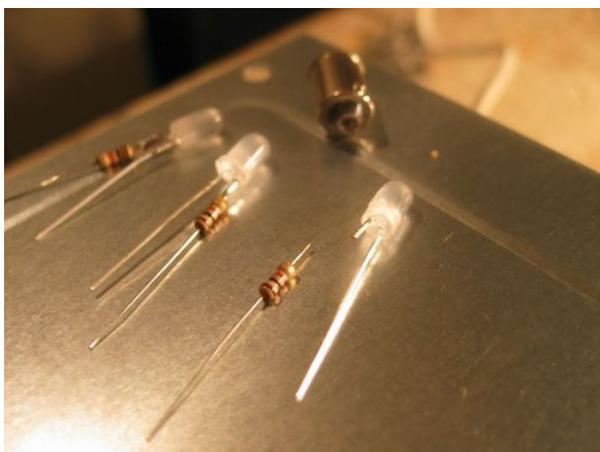
Вычитаем из напряжения на АКБ падение напряжения на светодиоде и делим это на рабочий ток.

$(14-2в)/10мА=1-1,2Ком$ (для красных до десятков или сотен мКд)

$(14-2,5в)/20мА=470-580ом$ (для синих яркостью 1-8Кд)

$(14-3в)/30мА=330-380ом$ (для ярких белых 10..15Кд)

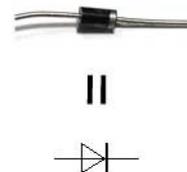
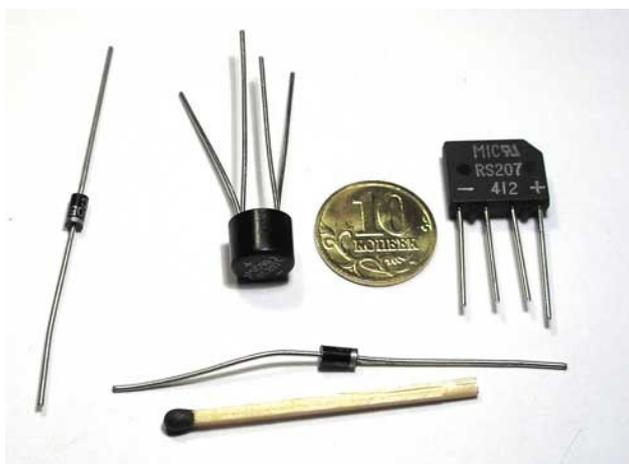
ВСЕ, цель достигнута - мы получили искомое сопротивление! Осталось только установить светодиод на требуемое место через резистор с нужным значением.



Но есть одно но... На скутерах используется постоянное напряжение не везде. Для работы габаритов, стоп сигнала и фары используется переменное напряжение, да и к тому же стабильность этого напряжения не очень велика, регулятор лишь ограничивает максимальное значение этого напряжения. Поэтому для работы светодиодов в качестве габаритов или стоп сигнала придется использовать драйвер, ну если вы не хотите постоянно менять сгоревшие светодиоды на новые.

Драйвер для светодиодов состоит из двух частей, это выпрямитель и стабилизатор.

Выпрямитель это та часть, которая делает из переменного напряжения постоянное. Для изготовления выпрямителя потребуются диодный мостик или четыре диода и конденсатор.

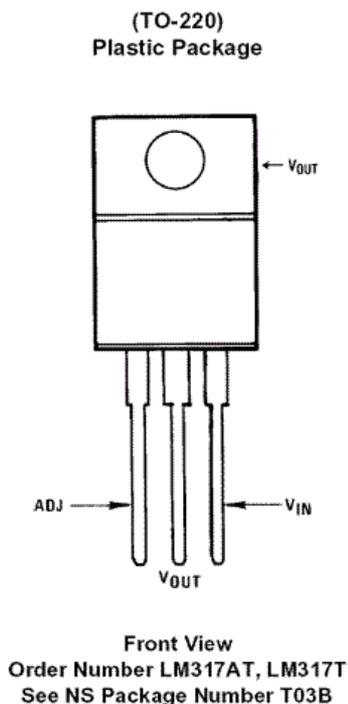


Для диодного моста подойдут любые выпрямительные диоды с прямым допустимым током 1-5А (в зависимости от количества подключаемых светодиодов к схеме) и напряжением не меньше 200в. А конденсатор 1000 мФ и напряжение не меньше 25 в., лучше больше.

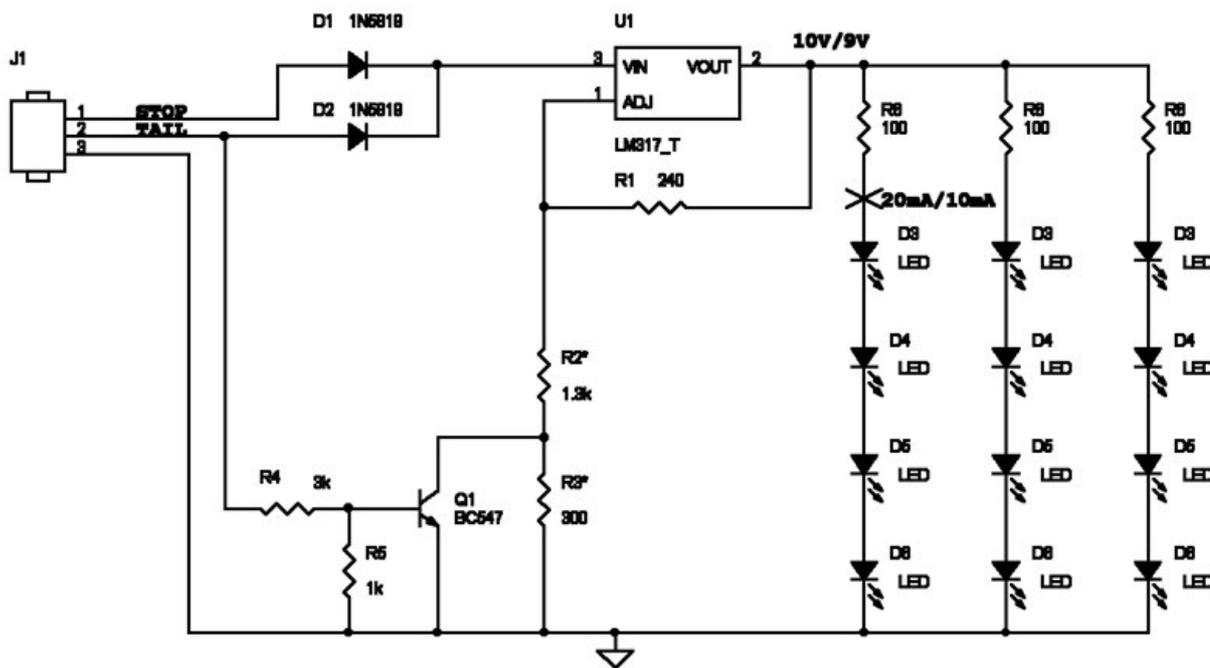


Диодный мост имеет вход и выход. Выводы, которые обозначены AC или ~, используют для подключения переменного напряжения, а выводы + и -, это и будут полярные выходы, к которым и будем подключать конденсатор. Конденсаторы тоже полярные и имеют положительный и отрицательный выводы их нужно подключить к соответствующим выводам диодного моста, как показано на схеме.

Для того чтобы яркость светодиодов не менялась в зависимости от оборотов двигателя применяют стабилизаторы напряжения. Для этого я советую использовать интегральный стабилизатор на микросхеме LM317.



Вот схема включения габаритки и стоп сигнала.



Предполагается, что падение напряжения на светодиоде равно 2 вольт, яркость габаритов устанавливается резистором R2, затем яркость стоп-сигнала резистором R3.

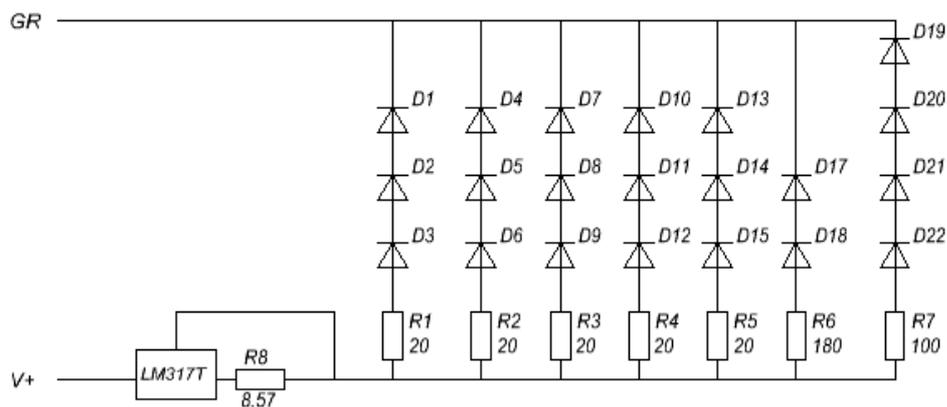
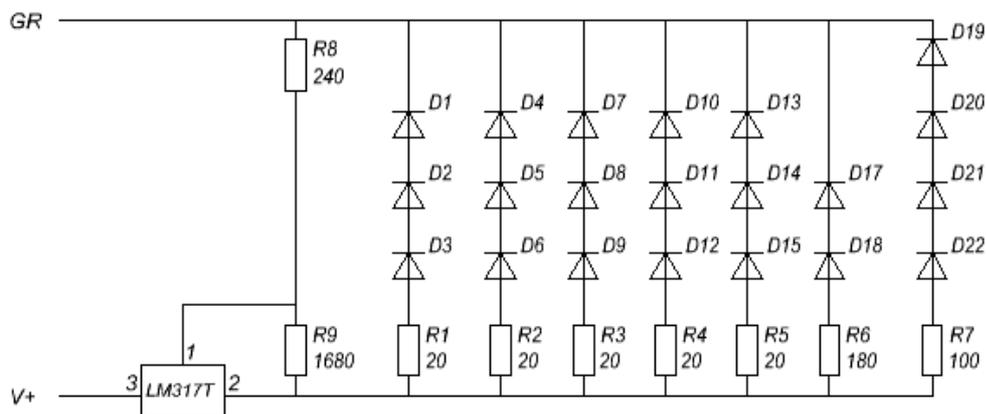
Работает просто. Если подать напряжение на вход STOP, оно попадет через диод D1 на вход стабилизатора напряжения U1, выходное напряжение которого (определяемое резисторами R1 и R2+R3) будет равно 10В. Из расчета падения напряжения на одном светодиоде 2В, на цепочке из 4х светодиодов упадет 8В, т.о. на резисторе останется 2В, а **ток в цепочке будет равен 20мА**.

Если напряжение подается на вход TAIL (габариты), все происходит точно так же, но транзистор Q1 откроется и замкнет резистор R3, в результате чего напряжение на выходе стабилизатора упадет до 9В, а ток в цепочках до 10мА, соответственно, яркость фонаря станет примерно вдвое

меньше, чем в режиме STOP.

Только подключать входы TAIL и STOP нужно через диодные мосты.

Это схема включения габаритки и стоп сигнала, а если вам нужно включить светодиоды с постоянной яркостью из схемы можно исключить R4, R5, Q1, D1, D2, а также заменить цепочку R2, R3, одним резистором на 1,3 кОм.



Вот собственно и все.

Источник: <http://surius.at.ua/>

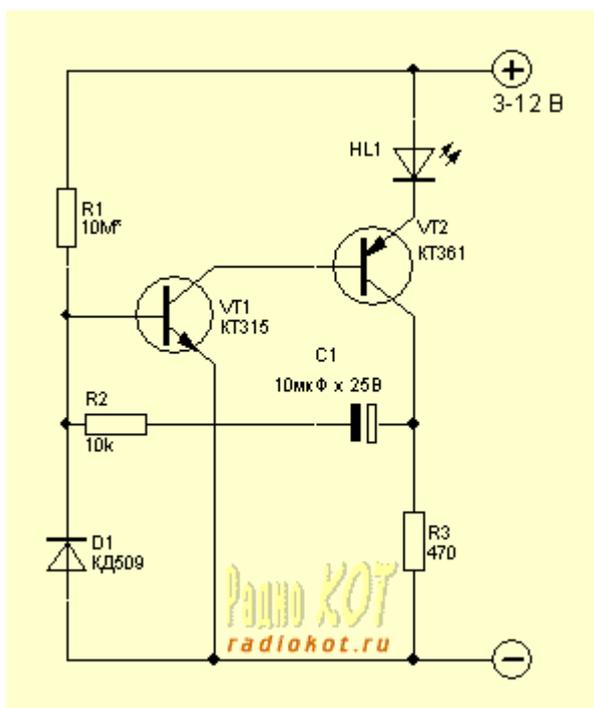
Моргало светодиодное

Всем привет. Простенькая, но забавная схема. Имеет смысл собрать, если у вас заваялся ненужный яркий светодиод (5-7 Кд).

Можно прикрутить в машину или повесить на лестничной клетке, когда, в очередной раз, оттуда сперли лампочку - будет весьма нетривиальное освещение.

Частота вспышек определяется величиной резисторов R1 и R2 и конденсатора C1. А чтобы вам не сильно париться, в конце приведена табличка с примерами соотношений между номиналами деталей и частотой вспышек.

Если схема отказывается работать с какими либо номиналами, обратите внимание, прежде всего, на R1 - он может быть слишком маленьким и на R2 - он может быть слишком большим.



| Питание, В | R1 , МОм | R2 , Ком | R3 , Ом | C1 , мкФ | Частота вспышек в минуту |
|------------|----------|----------|---------|----------|-----------------------------------|
| 12 | 10 | 22 | 470 | 0.47 | 140 |
| 12 | 10 | 10 | 470 | 1 | 60 |
| 9 | 6.8 | 1 | 390 | 6.8 | 15 |
| 6 | 3.3 | 10 | 220 | 1 | 80 |
| 3 | 1.5 | 10 | 51 | 1 | 120 |
| 3 | 3.3 | 47 | 51 | 0.47 | 140 |

Вообще говоря, резисторы R1 и R2 по разному влияют на процесс. От R1 в большей степени зависит длительность паузы между импульсами, от R2 - длительность импульса.

Эта схема довольно универсальна с т.з. нагрузки. Она вполне потянет и лампочку и даже 4-Омный динамик. Конечно, для этого необходимо подобрать VT2 на необходимую мощность. При этом,

нагрузка уже будет включаться не в эмиттерную цепь VT2 (как включен светодиод), а в коллекторную, вместо R3. На месте светодиода ставим перемычку.

Если в качестве нагрузки используется динамик - то наверно хотим получить от него звук? Для переведения генератора в звуковой диапазон, достаточно пересчитать емкость конденсатора пропорционально желаемой частоте. Например, берем 2-ю строку таблицы. Частота - 60 в минуту, то есть - 1 в секунду, то есть - 1Гц. А нам, скажем, надо 1000 Гц. Значит: уменьшаем емкость C1 в 1000 раз - 0,001 мкФ = 1нФ. Ставим, включаем - наслаждаемся :) Кроме того, можно попробовать уменьшить сопротивления резисторов. Но особо не увлекайтесь, особенно R1 - можно пожечь транзюк :(

Источник: <http://radiokot.ru/>

Елочное украшение "Звездочка новогодняя электронная 5-лучевая с микропроцессорным управлением"

Итак, дорогие товарищи и товарки, хочу открыть вам секрет: скоро Новый Год! Ф-фу, ну все, открыл... легче стало...

Новый год – это одна большая головная боль... Нет, вы меня не правильно поняли!..

Дело не в тех ощущениях, которые являются нам утром 1-го января. Все начинается гораздо раньше: в процессе подготовки. Ведь подготовить надо много, а времени, денег и сил – как правило, несоизмеримо меньше. Во-первых, нужно затариться подарками: для родных и близких, для неродных и близких, а также для до боли родных и не близких... Во-общем – много для кого. Кроме того – нужно закупить кучу продуктов для праздничного стола: как минимум, канистру шампанского и соответствующее количество ингредиентов салата «Оливье». И в завершении всех мучений – надо где-то спилить елочку, притащить ее домой и как-то хотя бы украсить. Негоже, знаете ли, когда елка неукрашенная стоит...

Поскольку готовить салаты при помощи паяльника довольно затруднительно, мы займемся именно эстетическим вопросом новогоднего торжества. А именно – елочными украшениями. Сегодня мы изготовим звездочку, которую можно нацепить на макушку вашей ёлочки и тем самым привнести оригинальность в оформление праздничного интерьера. Оригинальность? – спросите вы. А не слишком ли громко сказано?

Да да, я понимаю: красная звездочка на макушке елки как таковая – далеко не последнее слово моды. Но ведь на то нам и фантазия, чтобы сделать из обычного – необычное. Итак, что нам понадобится для изготовления ёлочной игрушки «Звездочка»:

1. Желание
2. Фантазия
3. Две руки + одна голова, желательны, принадлежащие одному и тому же человеку – вам то есть
4. Кусок макетки размером 27 x 25 дырок
5. Кусок макетки размером 13x13 дырок
6. 35 двцветных светодиодов (например, красно-зеленых). Если с двцветными напряженка – можно поставить и одноцветные. Красные или желтые или какие вам больше нравятся :)
7. Кусок монтажного провода (лучше - МГТФ).
8. Микроконтроллер у которого есть 11 свободных каналов ввода/вывода, например, наш любимый AT90S2313 (Attiny 2313).
9. Дешифратор на 10 выходов, например 155 ИД10
10. 10 транзисторов PNP проводимости, например КТ502 или КТ361
11. Ну и еще немного мелочевки, которая, думаю, найдется, если как следует порыться в ящике стола.

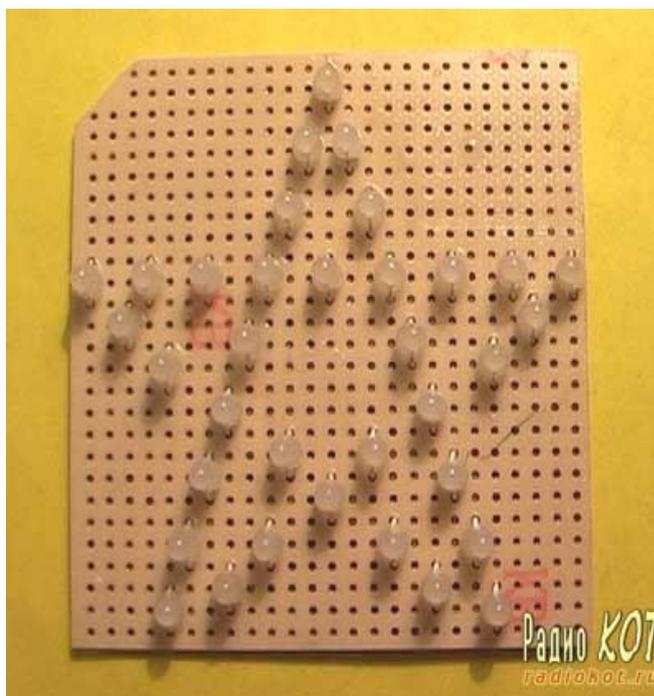
Ну чего, поехали!

Сначала берем двуцветные светодиоды (они выглядят примерно так):

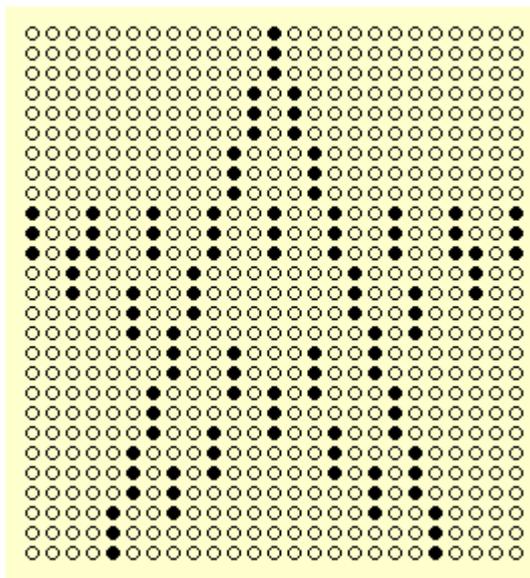


И кусок макетки 25x27, который выглядит как кусок макетки.

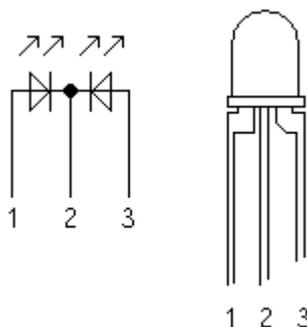
Устанавливаем на нем светодиоды в примерно следующем порядке:



Чтобы вам было легче устанавливать – вот чертеж. Черным обозначены те дырки, в которые просовываются лапки светодиодов:



Выводы светодиодов расположены так: в середине общий (катод) по краям – аноды.

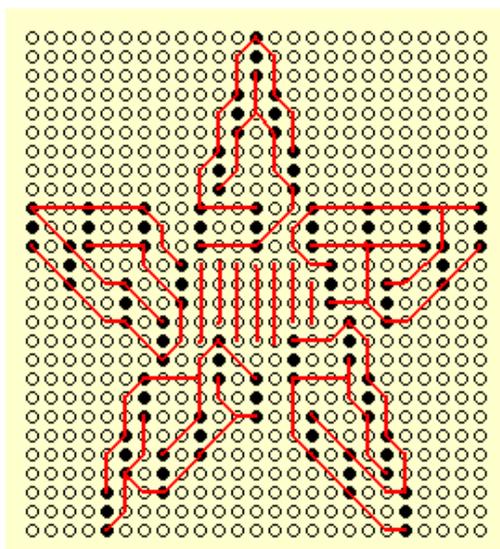


Устанавливаем диоды так, чтобы у всех диодов аноды одного цвета были сверху, другого – снизу, что избавит нас от лишней головной боли при их соединении. Это легко сделать, поскольку выводы имеют различную длину (не просто так, а для того чтобы их различать). Кроме того, если присмотреться, можно заметить различия у основания выводов.

Ну значит, устанавливаем, лишнее откусываем, запаиваем. Получается что-то вроде:

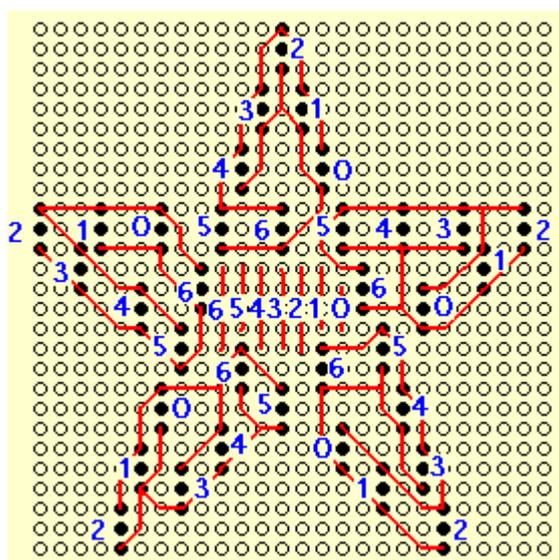


теперь скручиваем три жилки монтажного провода МГТФ, залуживаем его и проводим соединения согласно чертежу (ну или придумайте свой):



ВИД СНИЗУ
BOTTOM VIEW

Сделали - промываем спиртиком или ацетончиком, проверяем. Берем снова монтажный провод, только теперь не размачиваем его на жилки – а юзаем целикомый. Соединяем то что еще не соединили. На следующем чертеже показаны точки соединения. Они также пронумерованы на схеме.

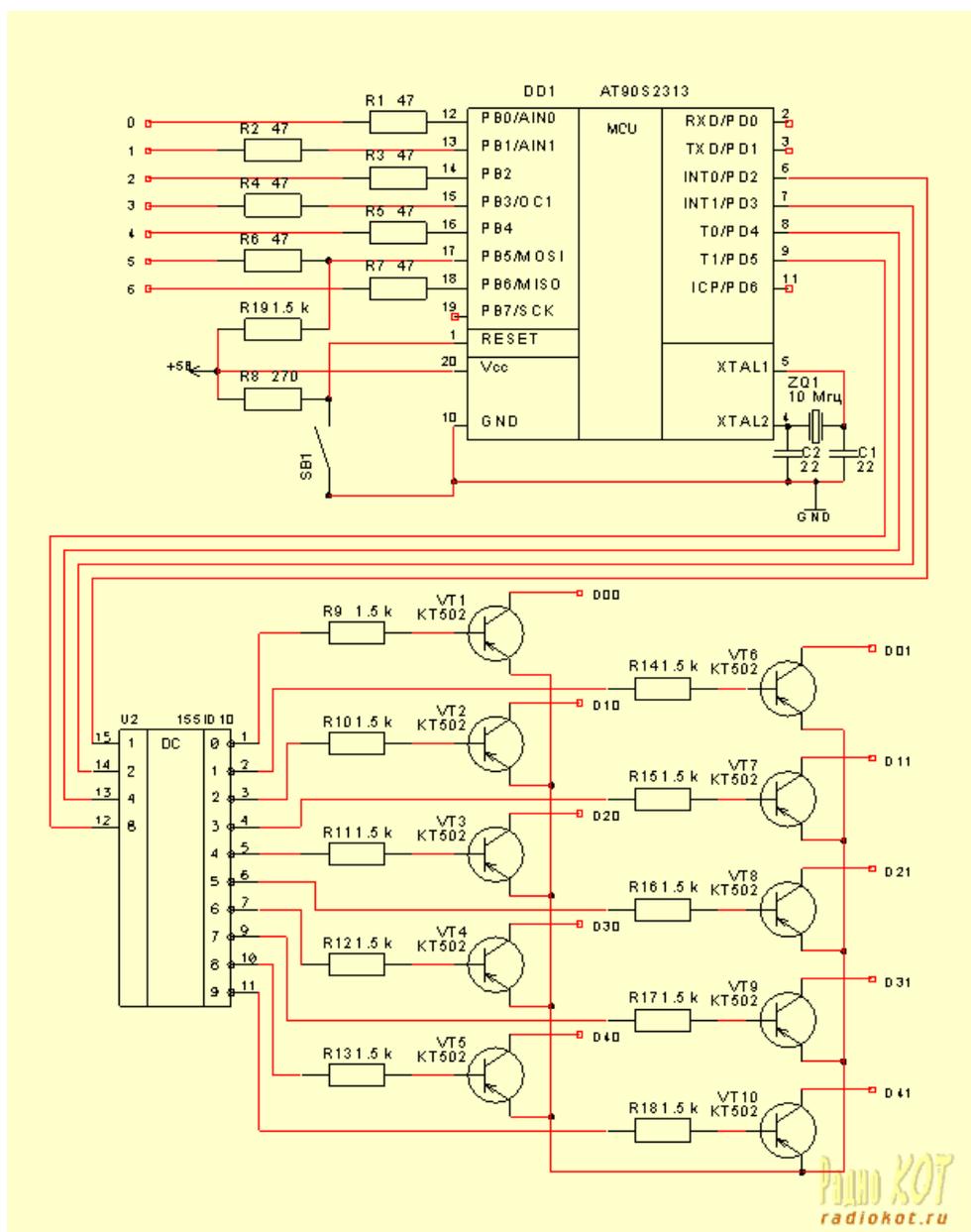


Все. Звездочка готова.

Еще раз моем ее в ацетоне. Затем отпиливаем лишнее, чтобы получилось нечто, похожее на пятиконечную советскую звезду. Отпиливаем аккуратно – чтобы не убить монтаж и светодиоды. Обрабатываем напильником. Должно получиться где-то наподобие:



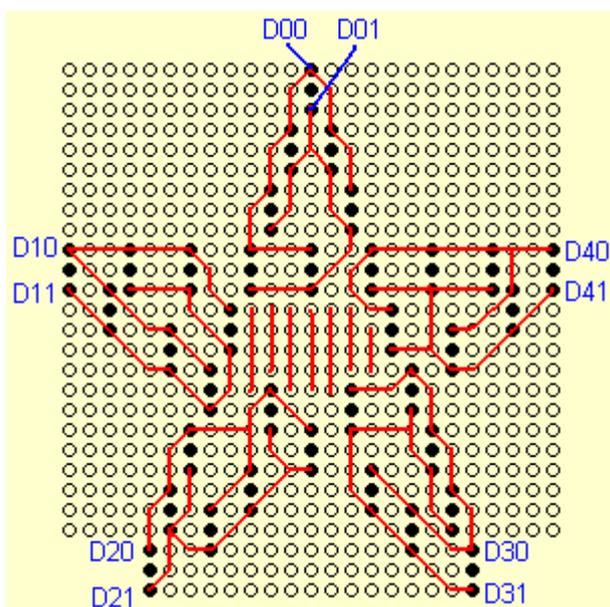
Теперь надо сделать схему управления. Схема управления



Вдумчиво читаем схему. Что непонятно?

Поясняю: точки 0...6 – это точки подсоединения общих катодов. Они совпадают с соответствующими точками чертежа платы звездочки.

Точки D 00... D 41 подключаются к группам анодов лучей звезды. Первая цифра означает номер луча, вторая – группу анодов. Смотрим чертеж, чтоб понять:



Кроме того, на схеме не изображен разъем программирования, который подключается к выводам контроллера: MOSI , MISO , SCK , Reset . На плате этот разъем есть, он обозначен X 1.

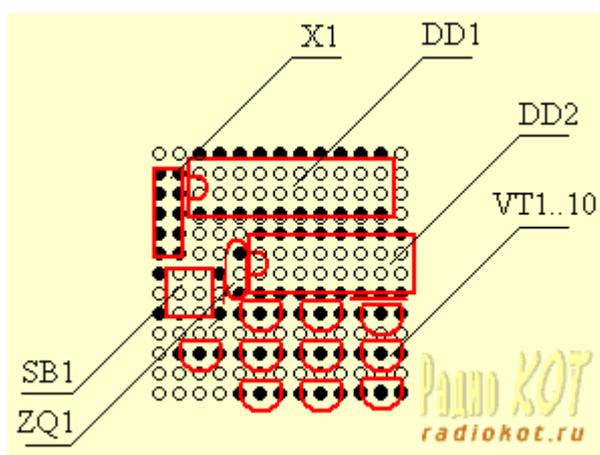
Ну все, можем продолжать!

Да, кстати, список того, что нам нужно на данном этапе (вначале уже об этом говорили вскользь, сейчас – поконкретнее):

| Индекс | Корпус | Номинал |
|--------------|----------|---------------------------------------|
| | | |
| Конденсаторы | | |
| C1, C2 | SMD 0805 | 22 пФ |
| | | |
| Микросхемы | | |
| DD1 | DIP-20 | AT90S2313 (ATtiny2313) |
| DD2 | DIP-16 | K155ИД10 |
| | | |
| Кнопки | | |
| SB1 | | Микрокнопка 6x6 мм (Tact switch) |
| | | |

| | | |
|-------------|----------|---------|
| Резисторы | | |
| R1-R7 | SMD 0805 | 47 Ом |
| R 8 | SMD 0805 | 270 Ом |
| R9-R19 | SMD 0805 | 1,8 кОм |
| | | |
| Разъем | | |
| X1 | | PLD-40 |
| | | |
| Транзисторы | | |
| VT1-VT10 | | КТ502Г |

Ну а теперь – берем второй кусок макетки, который 13x13. Вываливаем на стол детали. Устанавливаем:

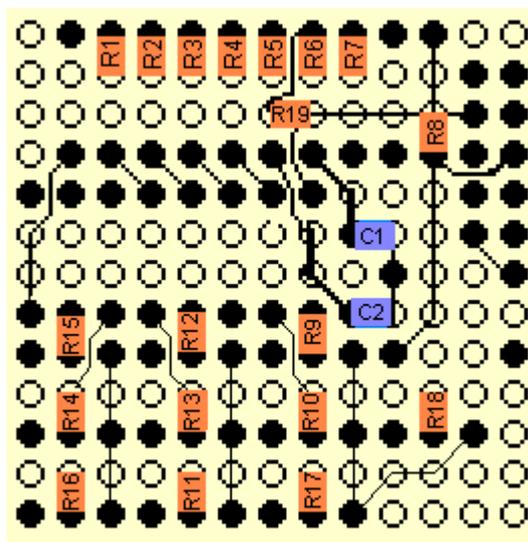


Устанавливаем. Запаиваем. Запаяли? Сверяемся:

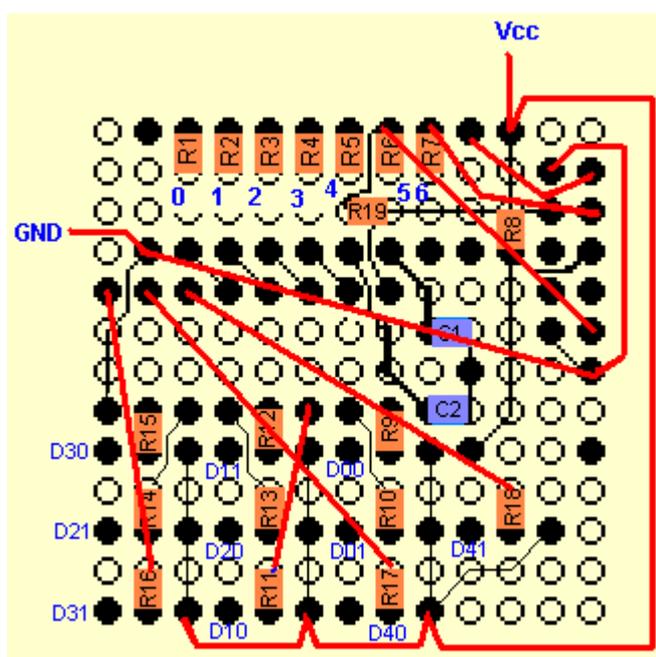


Моем, проводим жилками соединения, а также впаиваем SMD -резисторы и конденсаторы. Резисторы показаны рыженьким, конденсаторы – синеньким. Лучше всего брать SMD -компоненты

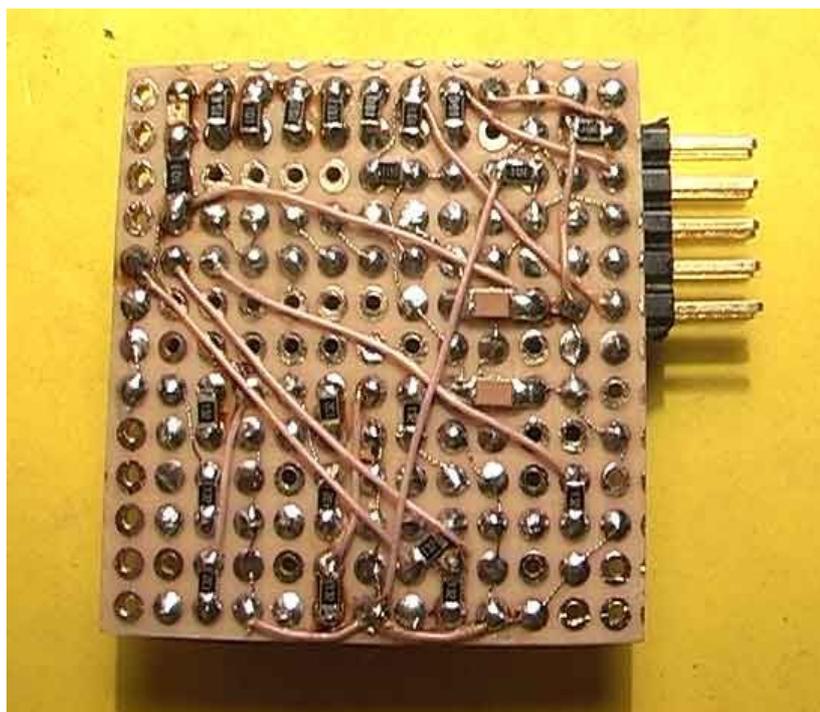
типоразмера 0805, ну или на худой конец 0603. На 1206 не соглашайтесь – они не влезают между двух пятачков макетки. Смотрим чертеж, паяем.



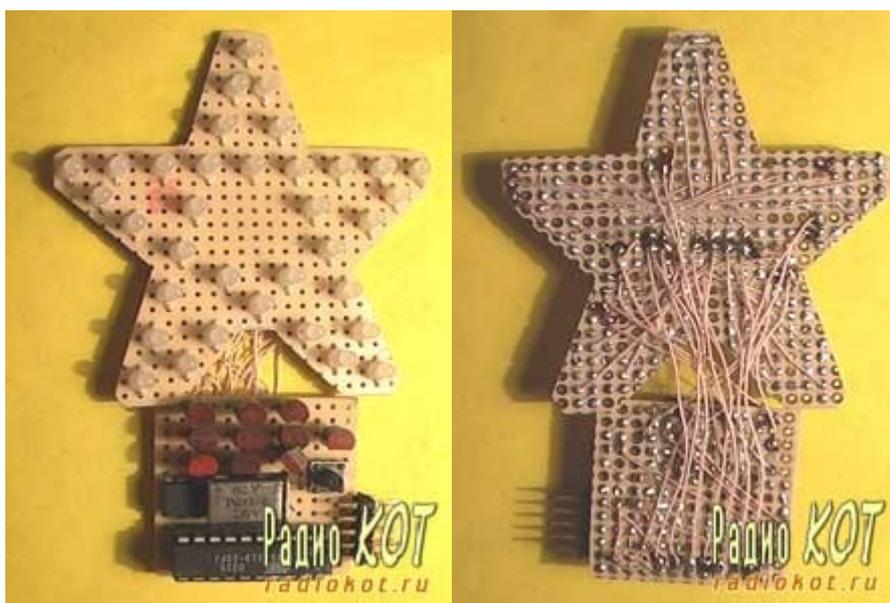
Моем, тянем проводочки (обозначены красным):



Ну вот и все! У вас должно получиться приблизительно так:



Осталось только соединить соответствующие точки на двух платах – и можно делать первое включение.



Правда при первом включении светодиоды не зажгутся: у нас же еще контроллер не прошит. Так что, покамест мы можем только проверить девайс с точки зрения «не греется ли чаво».

Хотя... Ладно, так и быть – вот вам [тестовая программа прошивки](#). Если все правильно работает – звездочка должна светиться вот так:



Пока все. Как только напишется софт – будет продолжение.

Кстати – как вы поняли, все это безобразие управляется контроллером. А это дает возможность реализовать самые сумасшедшие идеи в области светодинамики. У меня конечно есть своя фантазия... точнее – генератор бредовых идей. Но я бы хотел услышать также мнение общественности. А именно – реализацию каких эффектов общественность хотела бы получить в этом девайсе.

Источник: <http://www.radiokot.ru/>

А на этой страничке <http://radiokot.ru/circuit/light/run/> можно найти еще с десяток схем бегущих огней и создания всевозможных световых эффектов с использованием светодиодов.



Что можно сделать, если у Вас сгорела компактная люминесцентная лампа

Хотя на эконо лампы, в зависимости от производителя, существует гарантия и даже до 3-х лет. Но потребители могут столкнуться с тем что лампочка перегорела, а у вас не сохранилась упаковка, чек покупки, магазин переехал в другое место т.е по каким-то независящим от вас причинам вы не можете обменять поломанную вещь. Мы решили предложить Вам воспользоваться оригинальным решением по использованию, перегоревших эконо ламп которое мы нашли на просторах огромного Интернет-ресурса и предлагаем его Вам.

Помните, вы подвергаете жизнь опасности, попав под напряжение 220В!

Проще всего её выбросить в мусор, ну а можно из неё сделать ... другую, а если ламп сгоревших накопилось несколько, то можно заняться и ремонтом.

Если вы хотя бы раз держали паяльник в руках, то эта статья для Вас. Вы сможете включить лампу дневного света до 30 Ватт, без стартера и дросселя, с помощью маленькой платки снятой с нашей эконо лампы. При этом она будет зажигаться мгновенно, при понижении напряжения не будет ‘Моргать’.

Данная лампа перегорает двумя способами:

- 1) горит электронная схема



- 2) перегорает спираль накала



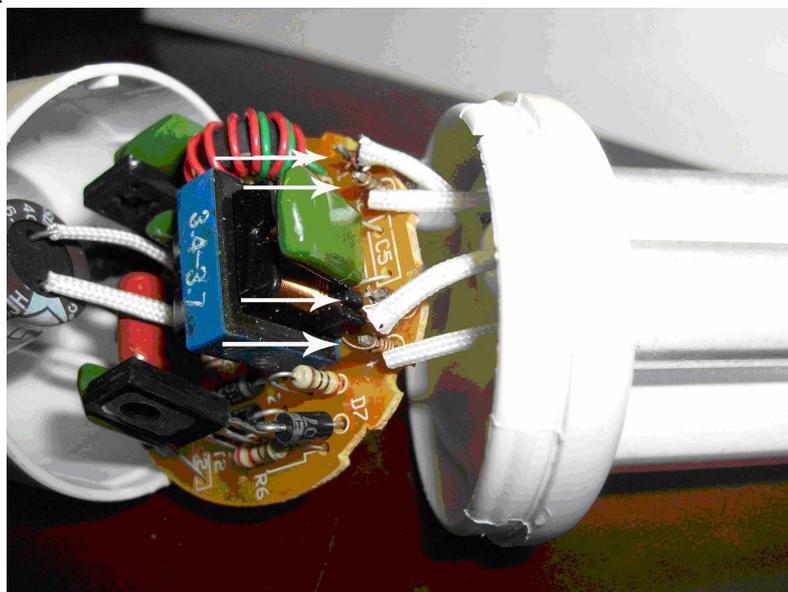
Для начала выясняем, что же произошло:

Вот эконолка. Поддев отверткой в местах указанными стрелками (собрана на защелках)

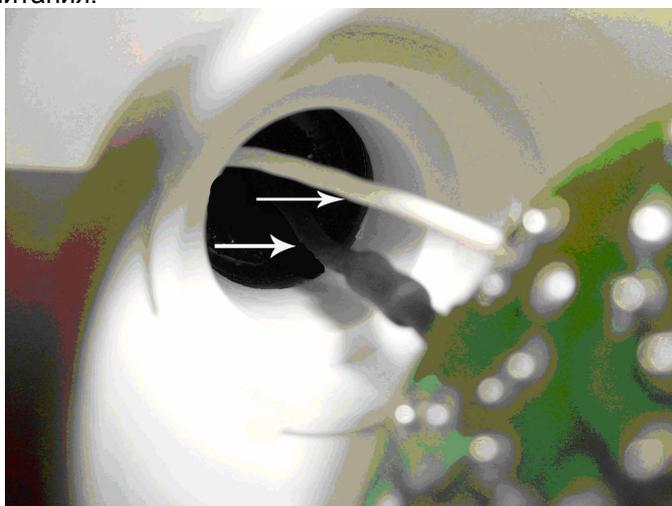
Необходимо её разобрать вот так:



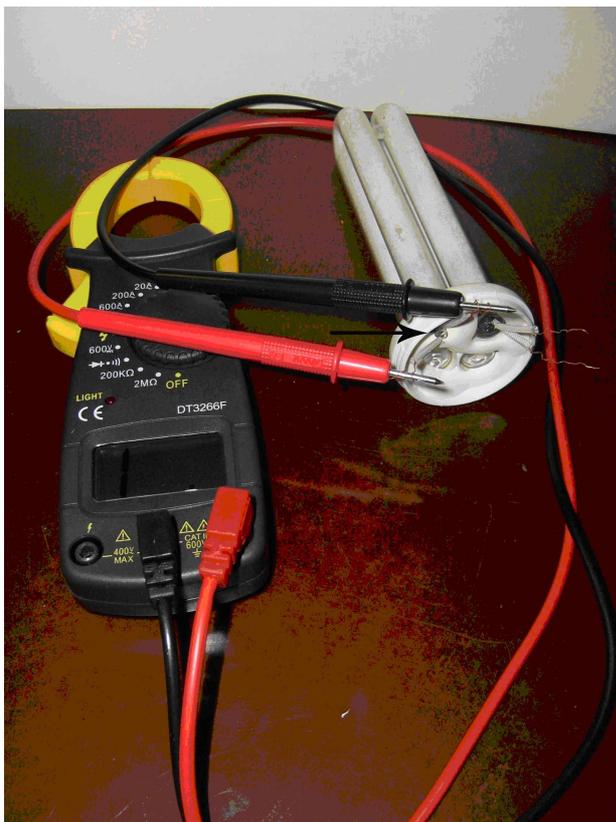
Отключаем колбу:



Откусываем провода питания.



Прозваниваем накалы колбы (для принятия решения выбросить колбу или нет)

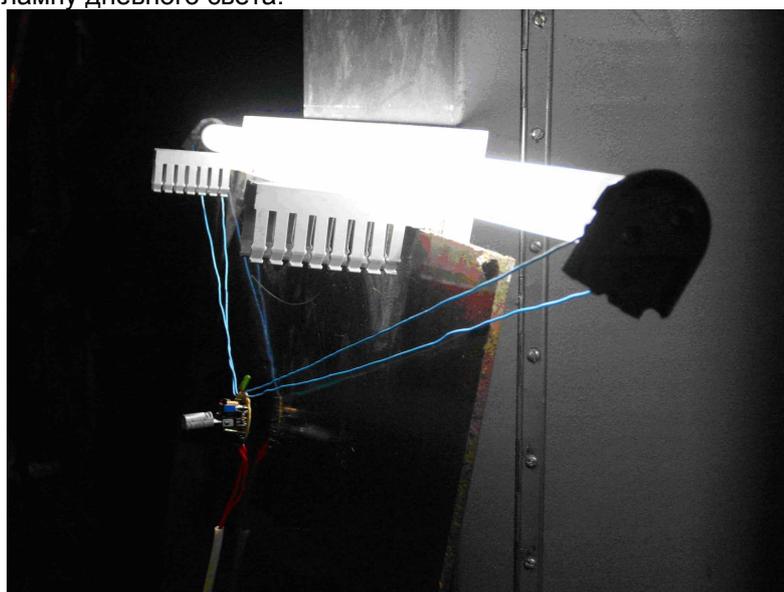


Мне не повезло, перегорели обе спирали накала (первый раз в моей немалой практике, обычно одна, а когда сгорает схема то и ни одной). В общем если хотя бы одна сгорела колбу выбрасываем, если нет, то она рабочая, а сгорела схема.

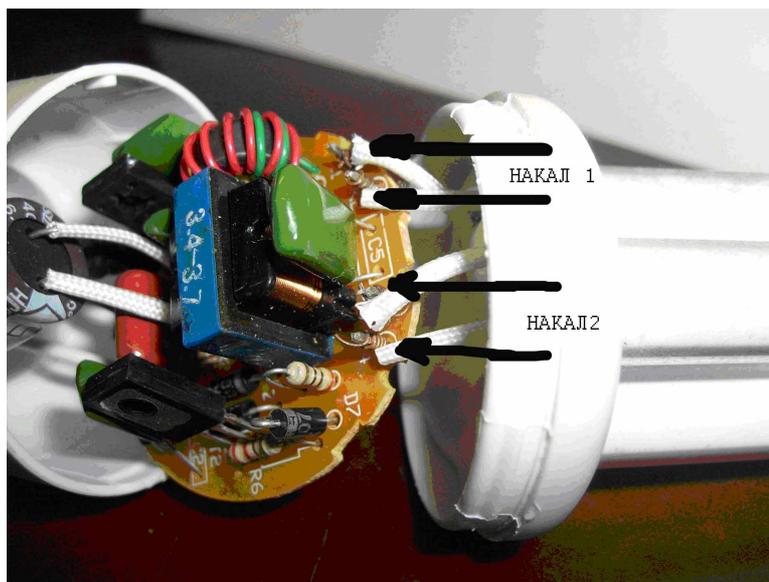
Рабочую колбу отлаживаем на хранение (до следующей сгоревшей экономки) и потом к рабочей схеме цепляем колбу. Так из нескольких делаем 1, а может и больше (как повезёт).

А вот вариант изготовления лампы дневного света. Можно подключить, как и 6 Ваттную лампу с «китайского» фонаря (например, я обмотал её пластиком с зелёной бутылки, а схему спрятал в сгоревшее зарядное устройство, от мобильного телефона и получилась классная подсветка для аквариума):

так и 30 Ваттную лампу дневного света:



Да уж писатель с меня..... ну да ладно.
Припаиваем четыре провода (толстые не стоит):



которые будут идти на накалы (сразу продумайте, как и что куда будет монтироваться), и два на сетевую вилку, подключаем лампу.



... в розетку и вот, она горит



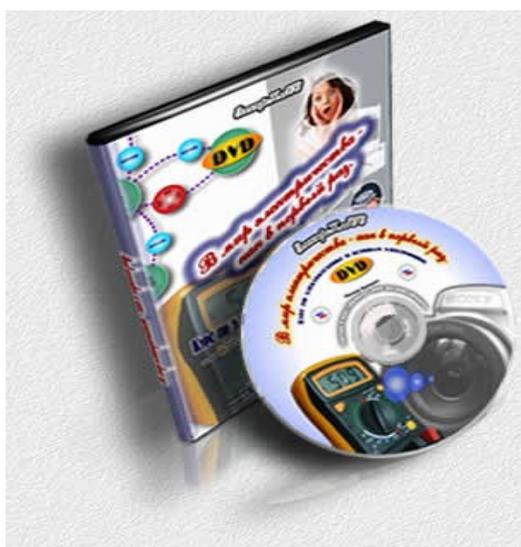
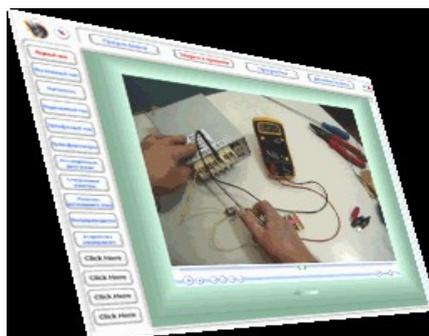
Пробуйте но аккуратно напряжение 220 вольт ОПАСНО ДЛЯ ЖИЗНИ !!!

Источник: <http://edison.dn.ua/>

Мультимедийный курс
по электротехнике и основам электроники

«В мир электричества - как в первый раз!»

является теоретическим и практическим пособием
для новичков и «подзабывших» профи



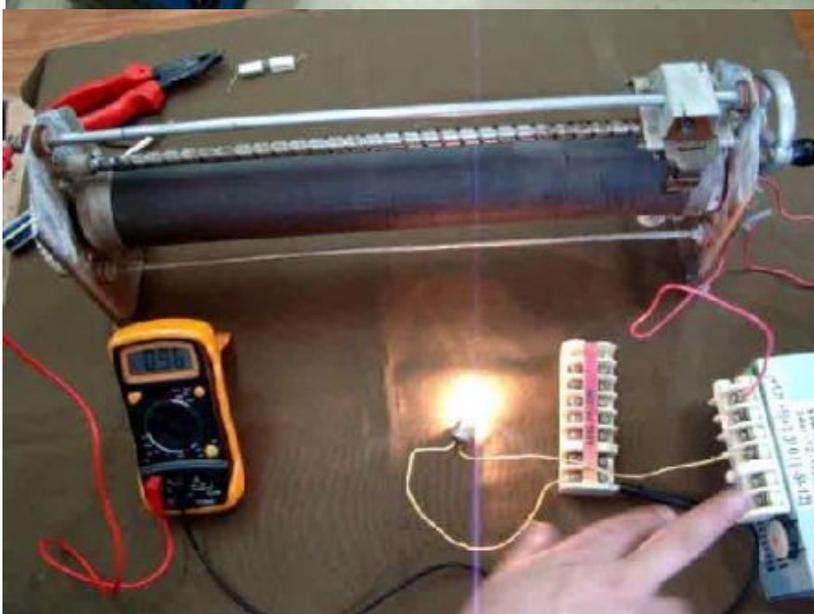
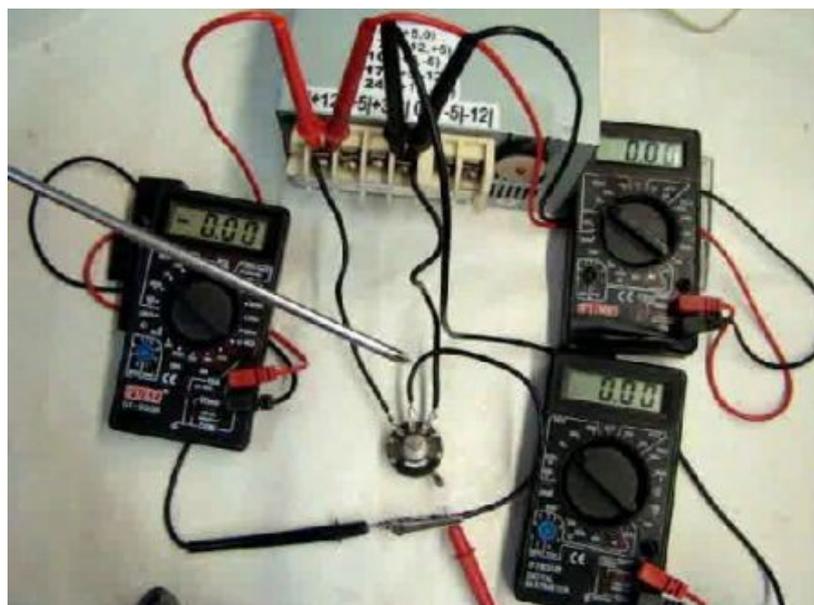
Видео уроки практических работ с **Flash & Gif анимацией**, с тестами и комментариями с экрана (более 8 часов видео!).

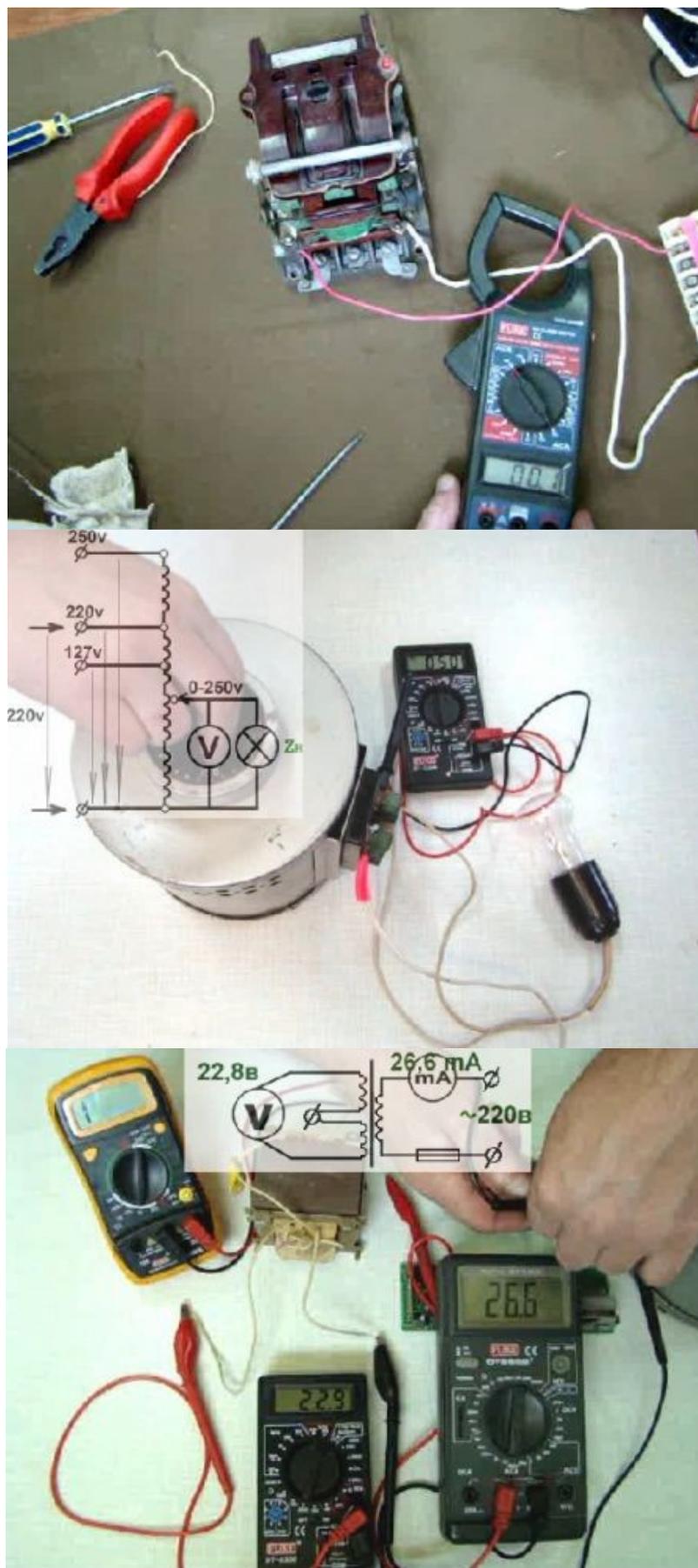
Мультимедийный диск размером **4GB** с максимальным сжатием объема при учтённой минимальной потере качества видео

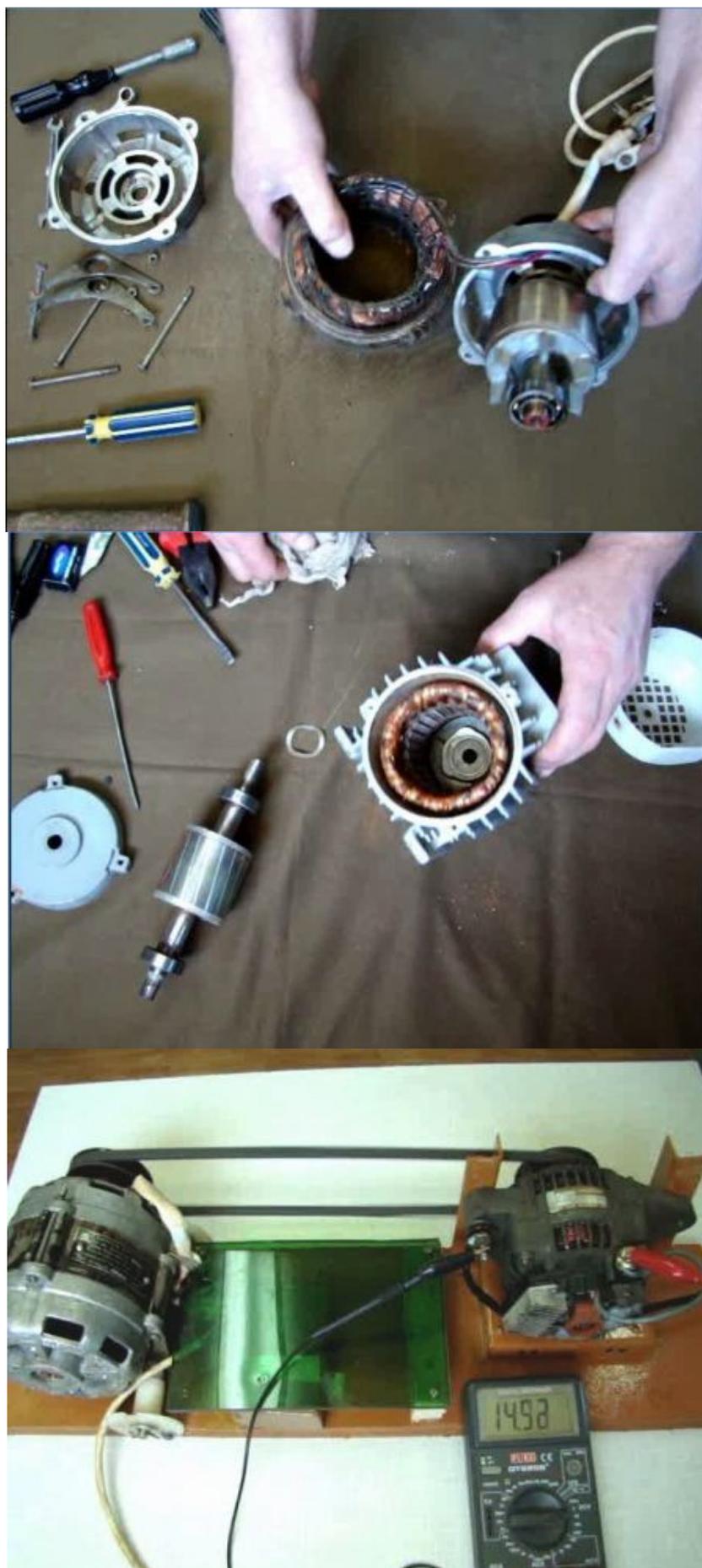
Простота в изучении при минимальных затратах времени на усвоение материала !!!

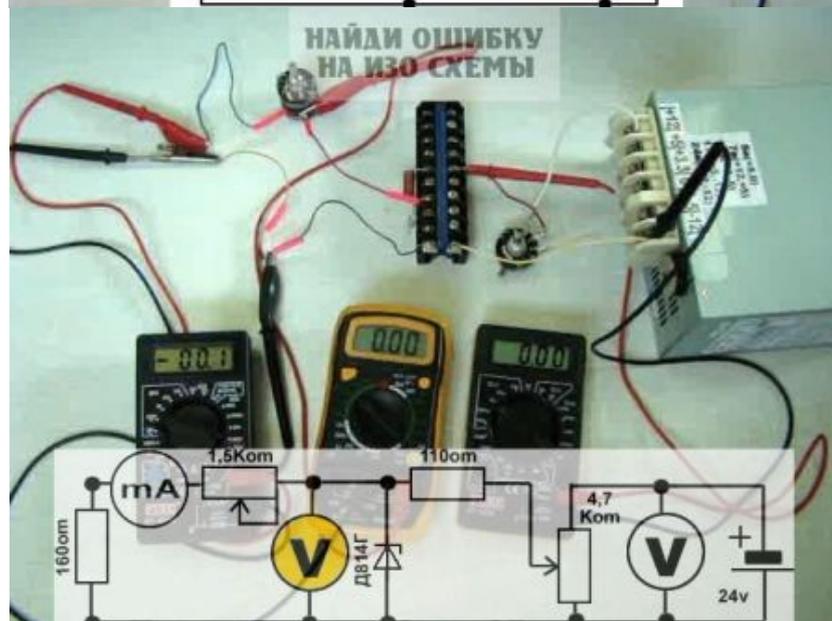
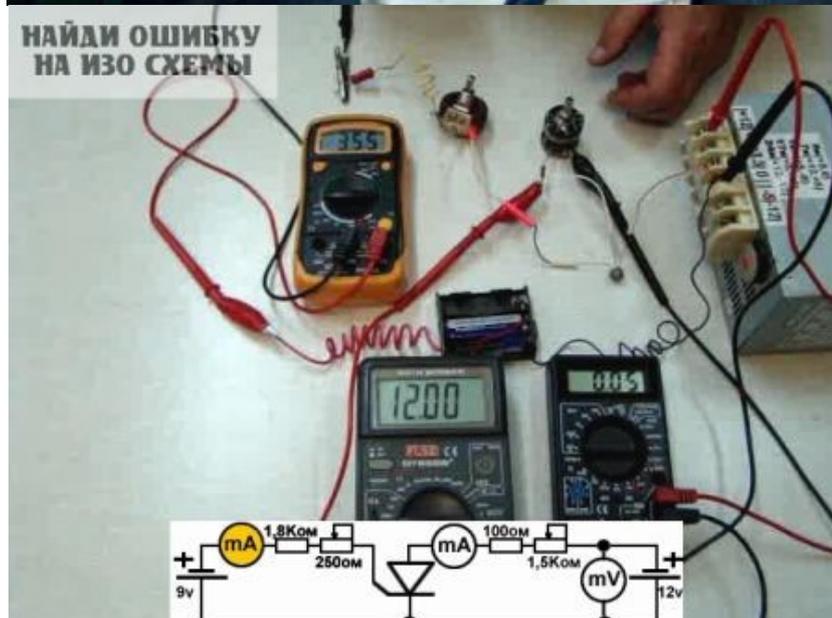
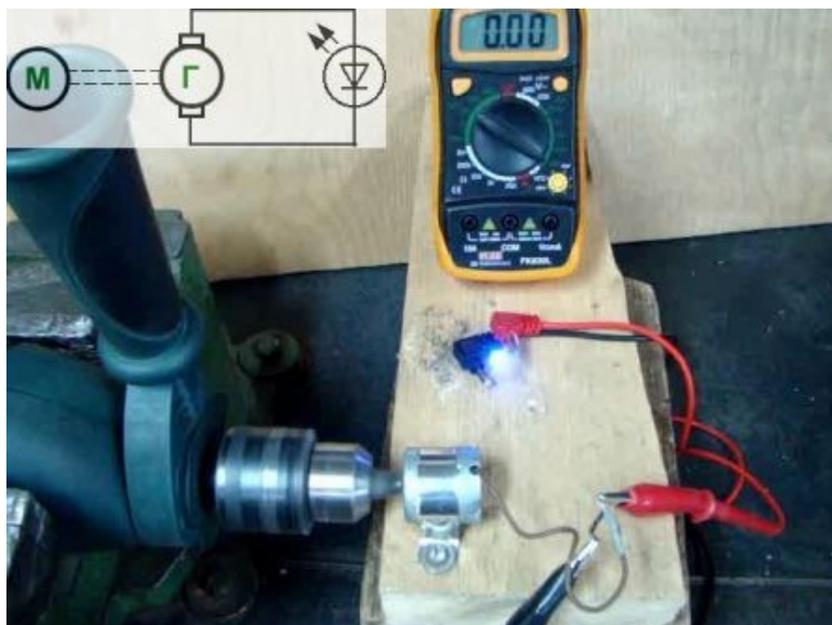
Что-бы узнать подробности

[Кликайте сюда](#)









Электронный журнал “Я электрик!” Выпуск #18 (декабрь 2009 г.)

Благодаря DVD-диску «В мир электричества – как в первый раз!» Вы сможете получить “заточенные” под практические дела знания и умения, сэкономяв при этом массу времени!

Основная информация на этом диске представлена в видеоформате. Видео курс ведёт настоящий мастер своего дела. В видеороликах Вы сможете увидеть примеры выполнения различных практических работ и различных интересных экспериментов. Практика обычно всё-таки полезнее чистой теории.

Всегда очень полезно понаблюдать за действиями профессионала. Тем более что в любой момент вы можете остановить воспроизведение или откатить его назад и просмотреть его деяния снова.

Так что, с помощью этого диска Вы сможете сразу осваивать материал на уровне не только знаний, но и на уровне навыков, а значит, эффективность такого обучения будет гораздо выше. Нюансы и сложности, которые при первом просмотре Вы не заметите, при повторении будут сразу же видны.

Вы можете сразу же действовать. Вы можете сразу пробовать делать то же, что и делает автор курса. Так что видео курс позволит Вам эффективно и быстро освоить нужный материал и получить навыки практических действий.

Узнать подробнее о мультимедийном видеокурсе Михаила Ванюшина «В мир электротехники – как в первый раз!» Вы можете здесь:

<http://electricalschool.info/ElectrikDisk.php>



Можно ли отремонтировать электронный балласт?



фото 1
Люминесцентная
лампа

Люминесцентные лампы с электронным балластом сегодня можно встретить повсеместно. Очень популярны настольные лампы с прямоугольными плафонами и двухколennым держателем. Во всех магазинах электротоваров уже продаются лампы, вворачиваемые в обычные патроны с круглой резьбой вместо классических ламп накаливания. В частности, петербургский метрополитен в последнее время напрочь избавился от ламп накаливания, заменив их люминесцентными. Преимущество таких ламп очевидно - продолжительный срок службы, низкое потребление электроэнергии при высокой светоотдаче (достаточно сказать, что 11-Ваттная люминесцентная лампа заменяет 75-Вт лампу накаливания), мягкий свет со спектром, близким к естественному солнечному свету.



фото 2
Составные части
лампы

Ведущими производителями люминесцентных ламп являются фирмы Philips, Osram и некоторые другие. К сожалению, на отечественном рынке имеется достаточно китайских ламп низкого качества, которые выходят из строя гораздо чаще, чем их фирменные собратья. Подробный рассказ об электронных балластах, о принципах работы, преимуществах, схемотехнических решениях есть в книге "Силовая электроника для профессионалов и любителей". Раздел книги называется "Балласт, с которым не утонешь. Новые методы управления люминесцентными осветительными лампами". Поэтому читатели, которым необходимо получить первоначальные сведения об электронных балластах, могут обратиться к книге, ну а здесь рассматривается достаточно частный вопрос ремонта вышедших из строя ламп.



фото 3
Перегоревшая
спираль

История появления этой статьи связана с приобретением автором лампы неизвестной фирмы (фото 1). Данная лампа безотказно работала в люстре несколько месяцев, однако по истечении этого времени она просто перестала зажигаться. Ничего не оставалось сделать, как разобрать лампу, аккуратно (с боков) поддев тонкой отверткой корпус (он состоит из двух половинок, скрепляющихся между собой тремя выступами-защелками).

Разобранная лампа показана на фото 2. Она состоит из круглого цоколя, схемы управления (собственно электронного балласта) и пластмассового кружка, в который вклеена трубка, которая дает свет. При разборке лампы следует соблюдать осторожность, чтобы, во-первых, не разбить баллон и не повредить себе руки, глаза и прочие части тела, а во-вторых, чтобы не повредить электронную схему (не оторвать "дорожки") и корпус (пластмассовый).

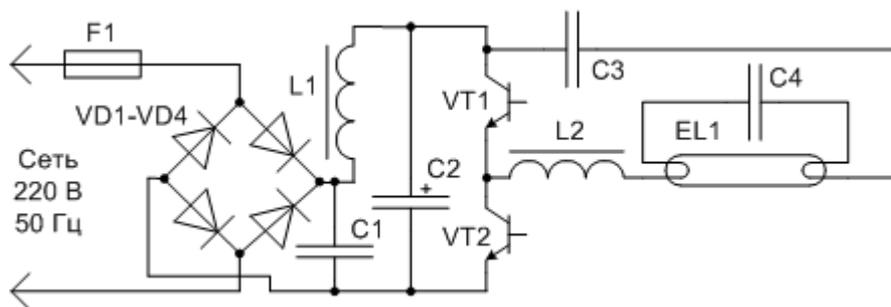


фото 4
К пояснению работы электронного балласта

Исследования, проведенные с помощью мультиметра, показали, что в баллоне лампы перегорела одна спираль. На фото 3, которое получено уже после вскрытия баллона, видно, что спираль перегорела, затемнив люминофор в окрестностях. Было сделано предположение, что с электронным балластом ничего не случилось (это позже подтвердилось). С большой долей уверенности можно утверждать, что нить лампы - самое слабое место, и в подавляющем большинстве вышедших из строя ламп будет наблюдаться скорее перегорание нити, нежели выгорание электронной части схемы.



фото 5
Предохранитель

Кстати, об электронной схеме. Она показана на фото 4. Схема перерисована с печатной платы. Кроме того, на ней не показаны некоторые элементы, не затрагивающие основ работы балласта, а также не приведены номиналы. Балласт лампы представляет собой двухтактный автогенератор полумостового типа с насыщающимся трансформатором. Такой автогенератор хорошо описан в книгах и дополнительных пояснений не требует. На входе установлен диодный мост VD1-VD4 с фильтром C1, C2, L1. Конденсатор C1 препятствует проникновению высокочастотных помех в питающую сеть, конденсатор C2 служит фильтром сетевых пульсаций, дроссель L1 ограничивает пусковой ток и фильтрует ВЧ помехи. Дроссель L2 и конденсатор C3 являются элементами резонансного контура, напряжение в котором "зажигает" лампу. Конденсатор C4 - пусковой. Понятно, что при обрыве одной из нитей лампа уже не загорится.

Очень важный элемент схемы - предохранитель F1. Если в схеме электронного балласта что-то случится (например, "выгорят" транзисторы полумоста, создав "сквозной" ток, или пробьется конденсатор C1, C2, или пробьется диодный мост), предохранитель защитит сеть от короткого замыкания и возможного пожара. На фото 5 этот предохранитель показан. Он представляет собой колбочку без классического держателя с длинными выводами, один из которых припаян к цоколю, а другой, к печатной плате балласта. Так что если предохранитель перегорел, скорее всего, что-то случилось в схеме балласта, и нужно проверять его элементы. А если нет, балласт наверняка цел.



фото 6
Люминесцентная трубка



фото 7
Цоколь люминесцентной трубки

Самое интересное, что такую лампу можно отремонтировать, и обойдется это дешевле, чем приобрести новую лампу. Она будет выглядеть, конечно, не так красиво, как промышленная, но вполне прилично (если все делать аккуратно). Итак, нужно приобрести сменный элемент для настольной лампы, например, такой, как показан на фото 6. Производителем этой лампы является итальянская фирма Osram, мощность лампы - 11 Вт, что соответствует 75 Вт лампы накаливания. На коробочке лампы есть интересная информация о потребляемой мощности других ламп, а также по надежности. Данная лампа мощностью 9 Вт заменит 60-Ваттную лампу накаливания, 9 Вт - 40-Ваттную, а 5 Вт - 25-Ваттную. Гарантированное время наработки на отказ - 10000 часов, что соответствует 10 лампам накаливания. Это - примерно 13 месяцев непрерывной работы. Цоколь лампы должен содержать четыре вывода, то есть две спирали (фото 7). У данной лампы правые два вывода относятся к одной спирали, левые два - к другой спирали. Если расположение спиралей неочевидно, всегда можно разыскать нужные выводы с помощью мультиметра - спирали имеют низкое сопротивление порядка несколькими Ом. Выводы лампы необходимо осторожно, не допуская перегрева, облудить припоем.



фото 8
Фирменная заливка



фото 9
Кружок подготовлен



фото 10
Приклеивание лампы

Теперь займемся подготовкой основания, к которому будем крепить лампу. Кружок, похожий на имеющийся, залитый белой массой (фото 8), нужно изготовить новый и напильником подготовить площадку, к которой будет приклеена лампа (фото 9). Колбу лампы разбивать категорически не рекомендуется.



фото 11
Проверка и тренировка

Дальше лучше проверить, как зажигается лампа. Подпаиваем выводы лампы к балласту (фото 11) и включаем балласт в сеть. Для приработки стоит его потренировать, включая-отключая несколько раз и выдержав во включенном состоянии несколько часов. Лампа светится достаточно ярким светом, и при этом греется, поэтому ее лучше положить на дощечку и накрыть несгораемым листом. Когда тренировка проведена, разбираем эту конструкцию и начинаем монтаж лампы.

Берем тюбик суперклея "Момент" и наносим на сопрягаемые поверхности несколько капель. Потом вставляем выводы в отверстия и плотно прижимаем детали друг другу, выдерживая полчаса в таком виде. Клей надежно "схватит" детали (фото 10). Лучше использовать этот клей, или дихлорэтан, поскольку для надежного крепления пластмасса в сопрягаемом месте должна немного расплавиться.

Осталось собрать лампу. Впаиваем балласт в цоколь, не забыв о предохранителе. Заранее (до впайки) нужно припаять четыре провода, которыми лампа будет связана с балластом. Подойдет любой провод, ну лучше, чтобы это был провод типа МГТФ во фторопластовой термостойкой изоляции (фото 12). Собирается лампа тоже просто - достаточно уложить провода внутри цоколя, или скрутить их жгутиком, и затем защелкнуть фиксаторы. Отверстия от прошлого баллона в целях электробезопасности лучше заклеить кружочками, вырезанными из упаковки от молочных продуктов.



фото 12
Выводы подпаяны



фото 13
Лампа в сборе

Отремонтированная лампа готова (фото 13). Ее можно вернуть в патрон.

В заключение отмечу, что можно достаточно просторно фантазировать на тему электронных балластов. К примеру, вставить лампу в красивый светильник и подвесить его к потолку, используя части от сгоревшей лампы.

Источник - <http://www.radioland.mrezha.ru/index.htm>



Сайт «Школа для электрика»

<http://electricalschool.info/>

Образовательный сайт по электротехнике. Устройство, проектирование, монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт электрооборудования.

На сайте статьи по темам:

[Электричество для чайников](#)

[Полезные советы](#)

[Электрические аппараты](#)

[Электрические измерения](#)

[Электроснабжение](#)

[Электрические схемы](#)

[Электромонтажные работы](#)

[Пусконаладочные работы](#)

[Эксплуатация электрооборудования](#)

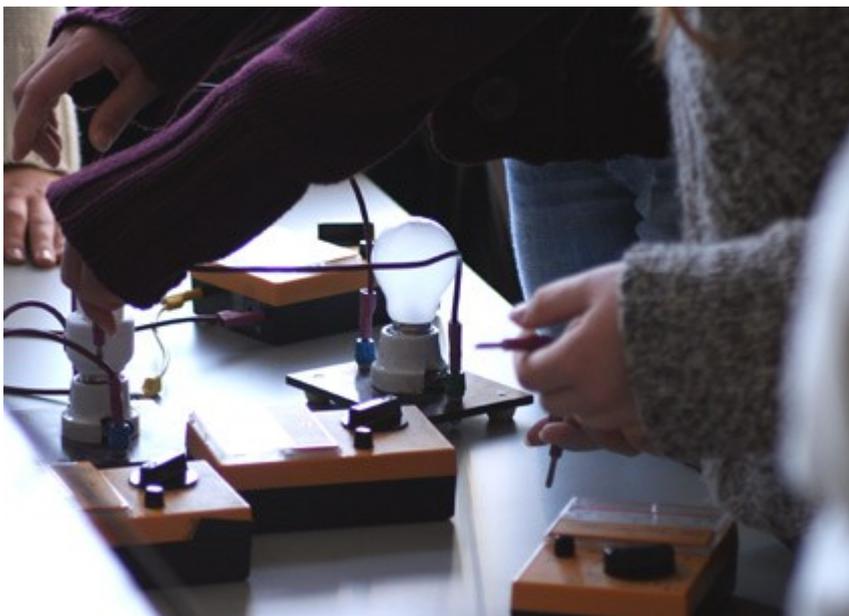
[Ремонт электрооборудования](#)

[Провода и кабели](#)

[Трансформаторы и электрические машины](#)

и многое другое ...





Электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА): история, принцип работы, проблемы. Популярныe микросхемы для ЭПРА

Появление люминесцентных ламп явилось следствием попыток развить достоинства ламп накаливания и минимизировать их недостатки, в частности, увеличить срок службы и экономичность лампы. Обе эти задачи были успешно решены. Время работы люминесцентных ламп составляет порядка 12 - 15 тысяч часов (для сравнения - срок службы ламп накаливания составляет около тысячи часов). При этом световая отдача люминесцентных ламп превышает световую отдачу ламп накаливания примерно в пять раз.

Люминесцентные лампы представляют собой газоразрядные источники света, работающие по следующему принципу: под воздействием электрического поля в парах ртути, закачанной в герметичную стеклянную трубку, возникает электрический разряд, сопровождающийся ультрафиолетовым излучением. Нанесенный на внутреннюю поверхность трубки люминофор преобразует ультрафиолетовое излучение в видимый свет. Подбирая соответствующие виды люминофора, можно изменять цветовые характеристики ламп.

По форме различаются линейные, кольцевые, U-образные, а также компактные люминесцентные лампы.

Схема люминесцентной лампы приведена на рисунке 1.

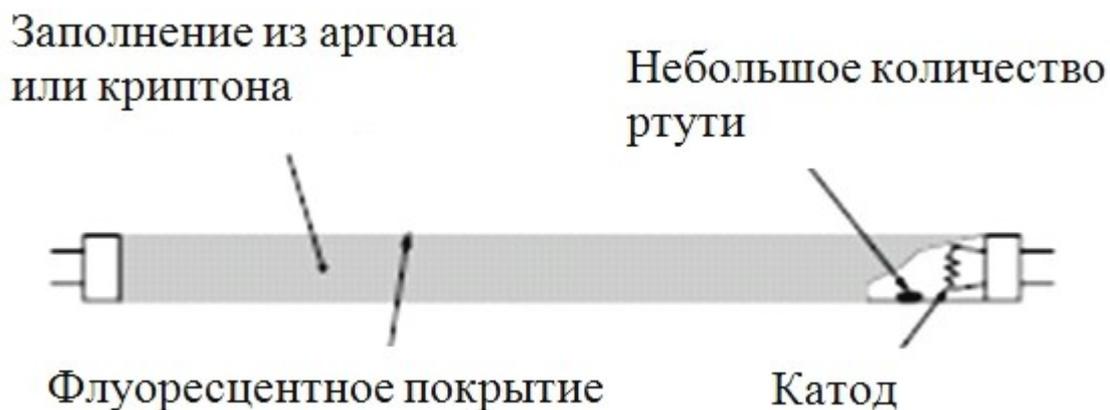


Рис. 1. Люминесцентная лампа

Люминесцентные лампы, как и все газоразрядные лампы, из-за их отрицательного внутреннего сопротивления не могут работать непосредственно с сетевым напряжением и нуждаются в соответствующих пускорегулирующих аппаратах (ПРА). Основные функции ПРА:

- предварительный нагрев катодов для инициации эмиссии электронов;
- создание стартового напряжения, вызывающего разряд;
- ограничение протекающего тока

До последнего времени схема ПРА выглядела следующим образом (см. рис 2).

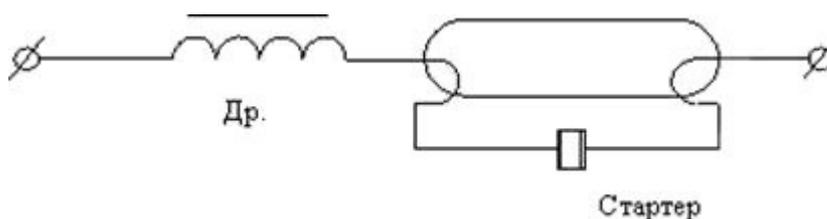


Рис. 2. Схема электромагнитного ПРА

При замыкании выключателя напряжение сети прикладывается к стартеру. Стартер состоит из стеклянного баллона, заполненного инертным газом, в котором размещены биметаллические контакты, к выводам которых припаян конденсатор для подавления радиопомех. Баллон и конденсатор помещаются в отдельный кожух.

Под действием сетевого напряжения газовый промежуток в стартере ионизируется. Ток 0,05 А протекает по цепи: сеть, дроссель, катод лампы, стартер, катод лампы, сеть. Ионизированный газ нагревает биметаллические контакты, которые замыкаются через доли секунды, и ток возрастает до 0,5 А. Катоды лампы разогреваются, испускаются электроны, вызывающие нагрев газовой смеси в лампе.

После замыкания биметаллических контактов ионизация газа в стартере прекращается. Стартер начинает остывать, и через десятые доли секунды контакты размыкаются. Ток в цепи прекращается. В дросселе возникает ЭДС самоиндукции 600 - 800 В. Напряжение самоиндукции складывается с амплитудным напряжением сети и вызывает пробой газового промежутка в лампе. Ток протекает по цепи: сеть, дроссель, катод лампы, газовый промежуток, катод лампы, сеть.

Разряд в парах ртути создает ультрафиолетовое излучение. Оно воздействует на люминофор и вызывает его свечение в видимом спектре.

После зажигания лампы ее сопротивление уменьшается и на обмотке дросселя создается падение напряжения 100 - 110 В, а на лампе - 100 - 120 В. Стартер, рассчитанный на рабочее напряжение 220 В, перестает работать и окончательно остывает. Для предотвращения снижения $\cos \varphi$ (коэффициента мощности) за счет индуктивности, к зажимам сети иногда подключают бумажный

конденсатор емкостью 3 - 9 мкФ 400 В (на рисунке не показан).

Такая схема обладает рядом недостатков:

- Питание током сетевой частоты может вызывать мерцание лампы, причем не обязательно с частотой 100 Гц (когда сетевое напряжение переходит через 0, газ частично деактивируется и свечение падает). Мерцание может происходить не каждый полупериод, а каждые 3 - 4 - 5 полупериодов.
- Дроссель на сетевой частоте часто гудит.
- Стартер, работающий не синхронно с сетевой частотой, вызывает, так называемый, фальстарт лампы (несколько вспышек перед зажиганием), последний снижает ресурс работы лампы в несколько раз.
- Коэффициент мощности цепи лампы вследствие наличия дросселя не превышает 0,5. При мощности лампы 40 Вт, 12 - 15 Вт расходуется в дросселе на его нагрев до 100° С и выше, а коэффициент мощности ($\cos \varphi$), равный 0,5, говорит о том, что такое устройство представляет собой весьма неудачную нагрузку для сети.
- При выходе лампы из строя, через конденсатор, подключенный параллельно зажимам сети, просто течет реактивный ток 0,6 А. При выходе из строя конденсатора, коррекция коэффициента мощности прекращается, но выяснить это "на глаз" нельзя, так как визуально ничего не меняется.

Электронные балласты появились в начале 80-х, а с начала 90-х завоевали широкую популярность. По сравнению с электромагнитными балластами, электронные балласты являются достаточно дорогими устройствами, однако начальные затраты компенсируются их высокой экономичностью. Их основные преимущества по сравнению с электромагнитными ПРА:

- уменьшение на 20 % энергопотребления (при сохранении светового потока) за счет повышения светоотдачи лампы на повышенной частоте и более высокого КПД ЭПРА по сравнению с электромагнитным ПРА;
- увеличение на 50 % срока службы ламп благодаря щадящему режиму работы и пуска;
- снижение эксплуатационных расходов за счёт сокращения числа заменяемых ламп и отсутствия необходимости замены стартеров;
- дополнительное энергосбережение до 80 % при работе в системах управления светом;
- отсутствие шумов;
- отсутствие мерцания;
- стабильность освещения при колебаниях электрического напряжения (обычно в пределах 200 - 250 В);
- возможностью управлять яркостью лампы.

Блок-схема электронного балласта выглядит следующим образом:

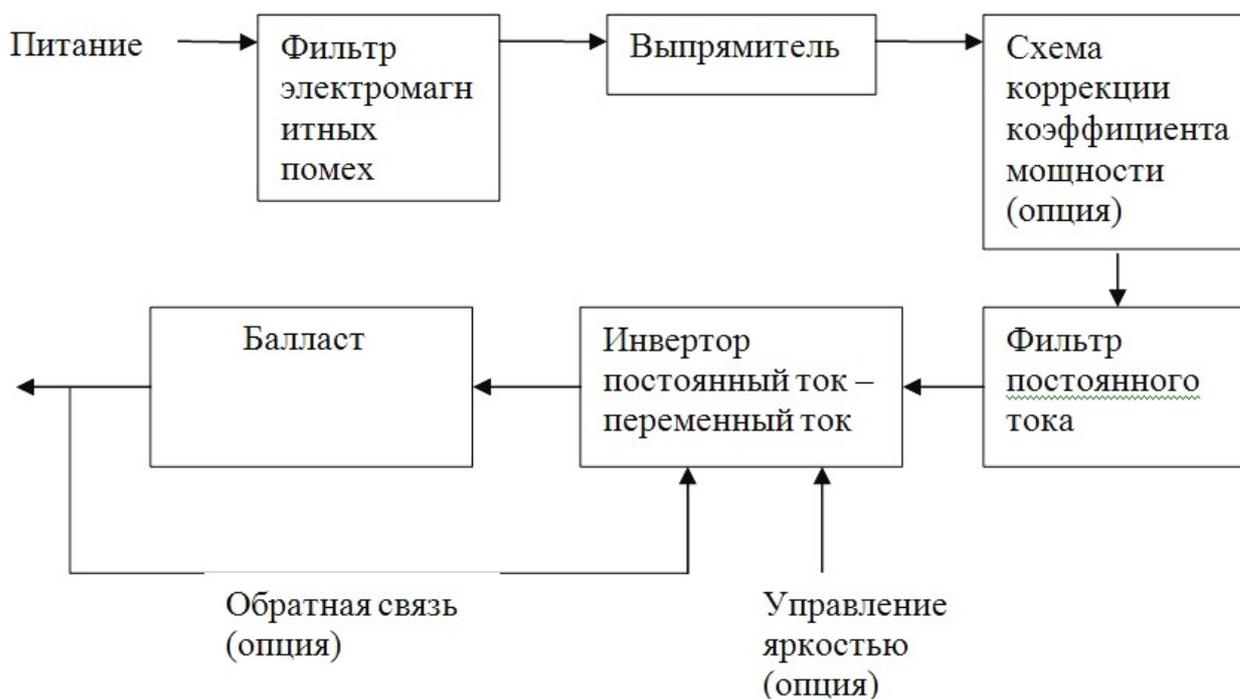


Рис. 3. Блок-схема электронного балласта

Для исключения мерцаний и гула следует питать лампу током высокой частоты (20 кГц и выше).

Для повышения коэффициента мощности ($\cos \varphi$) реактивный ток должен возвращаться не в сеть, а в промежуточный накопитель, не связанный с ней, и подпитывающий лампу при переходе сетевого напряжения через ноль. Таким образом, схема будет состоять из сетевого выпрямителя, ВЧ генератора высокого напряжения и реактивного балласта. При этом предпочтительно подключать параллельно лампе не стартер, а конденсатор, замыкающий первичную цепь и создающий условие резонанса. Балласт фактически превращается в импульсный источник питания и требует защиты как по входу, так и по выходу.

Учитывая, что холодный пуск снижает время работы лампы в несколько раз, необходимо предварительно разогреть ее электроды. Также, необходимо реализовать защиту генератора от неисправной лампы. Кроме того, любой импульсный источник питания должен на входе иметь эффективный помехоподавляющий фильтр. Отсутствие фильтра на входе приведет к отсутствию электромагнитной совместимости (ЭМС) в помещении с чувствительной и тонкой измерительной аппаратурой.

Наиболее часто для управления лампами применяются полумостовые схемы. Обобщенная полумостовая схема приведена на рис. 4. Она является инвертором постоянного выпрямленного сетевого напряжения в переменное ВЧ напряжение. Здесь К1 и К2 - ключи, управляемые логическим блоком БУ, а БЗ - блок защиты от деактивированной лампы. Конденсаторы С1 и С2 образуют искусственный ноль.

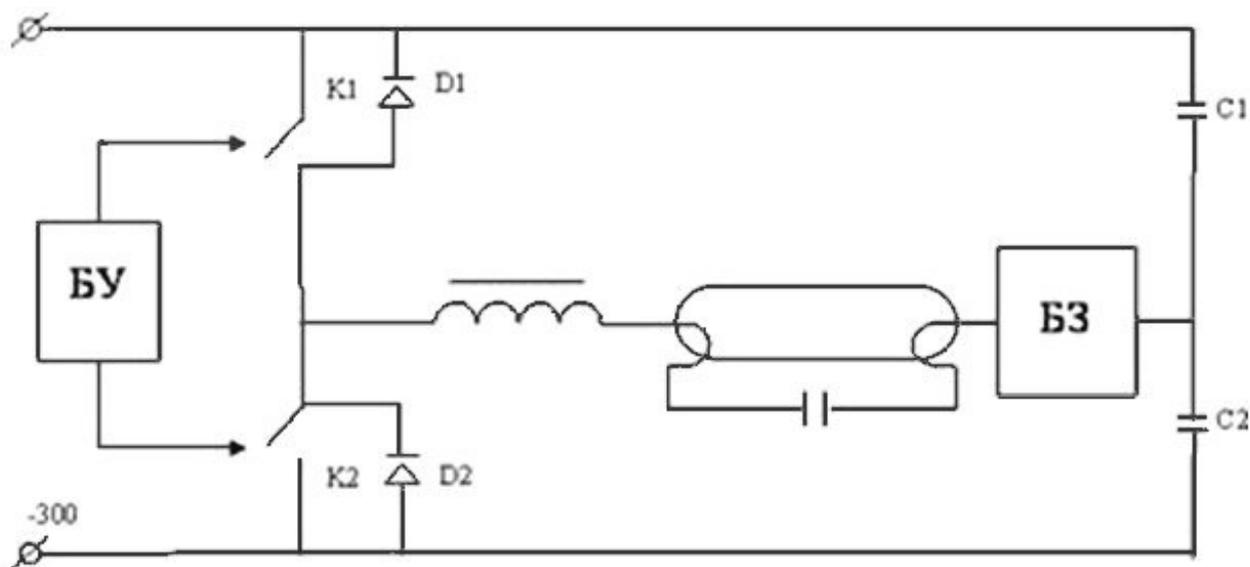


Рис. 4. Обобщенная полумостовая схема

Последний вопрос: как разогреть электроды лампы перед пуском? Видимо, самым красивым решением является частотный метод управления, который должен обеспечивать БУ.

Реактивный ток балластного дросселя будет подзаряжать конденсатор фильтра сетевого выпрямителя вместе с конденсаторами С1, С2. Так как защита по выходу от деактивированной лампы возлагается на блок защиты БЗ, включенный в ее цепь, то появляется возможность параллельно включить вторую лампу со своим балластным дросселем и блоком защиты. При этом, при выходе из строя одной лампы, вторая будет нормально работать.

Мостовая схема не получила широкого распространения, так как содержит вдвое большее число силовых транзисторов. Ее применение оправданно только при больших мощностях (сотни Ватт) или использовании люминесцентных ламп с большим рабочим напряжением, например, импортных люминесцентных мощностью 80 Вт и более или ламп типа ДРЛ. В мостовой схеме (или полном инверторе) нагрузка (в данном случае лампа) находится в одной диагонали моста транзисторов, а питающий источник (причем один) - в другой диагонали. По сравнению с полумостом мост имеет более низкий КПД (на один переход транзистора больше).

В настоящее время ЭПРА, представленные на рынках России, можно разделить на две группы по ценовому признаку: простые ЭПРА сопоставимые по цене с электромагнитными балластами (70 - 80 руб. за ЭПРА 2 x 40 Вт) и высококачественные ЭПРА по цене намного превосходящие электромагнитные (350 - 600 руб. за ЭПРА 2 x 40 Вт). Трудности реализации качественных ЭПРА обусловлены:

- Низкими тарифами на электроэнергию.
- Действиями недобросовестных фирм-однодневок, желающих получить сиюминутную прибыль за счет прямого подлога и нарушения требований ГОСТ.
- Косностью мышления потребителя оценивающего сиюминутную выгоду при приобретении осветительных систем.
- Жесткой конкуренцией с электромагнитными балластами.

Для реализации балластов первой группы, независимо от страны происхождения (Китай, Россия, Турция, страны Балтии, Белоруссия), применяется традиционное решение - автогенераторная схема с трансформатором и выходным каскадом на биполярных транзисторах. Основным недостатком данных ЭПРА - отсутствие защиты от аномальных режимов работы. Отсутствие предохранителя и защиты от деактивированных ламп - норма для балластов этой группы. Штатный режим работы этих ЭПРА тоже не всегда нормален. Это связано, прежде всего, с повышенной температурой транзисторов полумоста составляющей примерно 100 °С, большими потерями в дросселях и низкими предельными температурными характеристиками конденсаторов. Точность установки частоты невысока, и велика вероятность возникновения емкостных токов.

Кроме этого балласты этой группы, предназначенные для двух ламп, неустойчиво работают в одноламповом режиме, когда вторая лампа вышла из строя или не подключена, что тоже вызывает повышение рабочей температуры всего устройства. Все это приводит к небольшому сроку работы балластов, который составляет не более 3000 часов. Производители таких ЭПРА, пытаясь удержаться в допустимом температурном режиме, занижают выходную мощность, в результате мощность 40-ваттной лампы при эксплуатации с таким балластом составляет не более 25 Вт. Некоторые балласты не имеют пассивного корректора коэффициента мощности, и данный коэффициент имеет значение 0,6 - 0,7, что сравнимо с электромагнитными балластами. Результатом является повышенный расход электроэнергии. Также одним из существенных недостатков ЭПРА этой группы является отсутствие входного фильтра и элементов осуществляющих предварительный разогрев катодов ламп. Производители таких балластов считают использование этих компонентов непозволительной роскошью. Таким образом, в основной своей массе, балласты этой группы могут называться ЭПРА с очень большими оговорками.

ЭПРА второй группы отличаются высоким качеством и не имеют указанных выше недостатков, но цена этих балластов не позволяет реализовывать их на российском рынке в массовом порядке.

Рассмотрим наиболее популярные микросхемы, которые применяются сегодня в качественных ЭПРА (рис. 5, 6, 7).

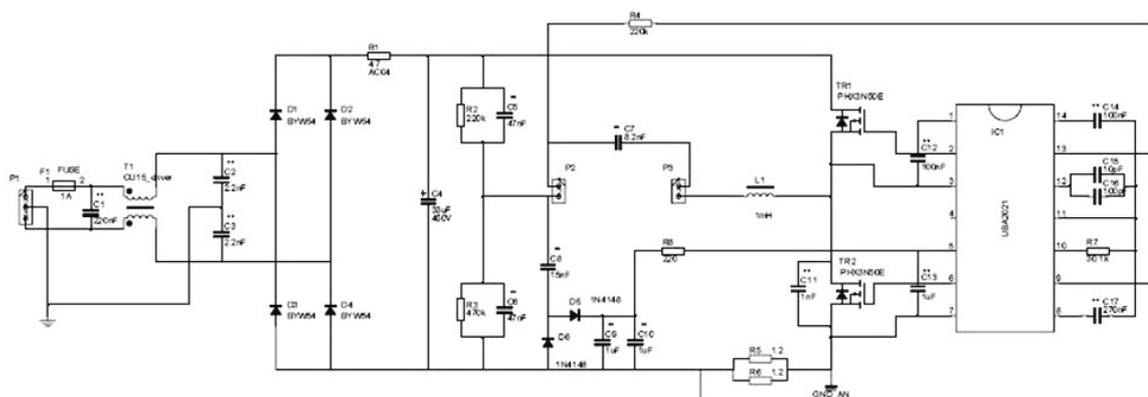


Рис. 5. Схема ЭПРА на основе микросхемы UBA2021 фирмы NXP

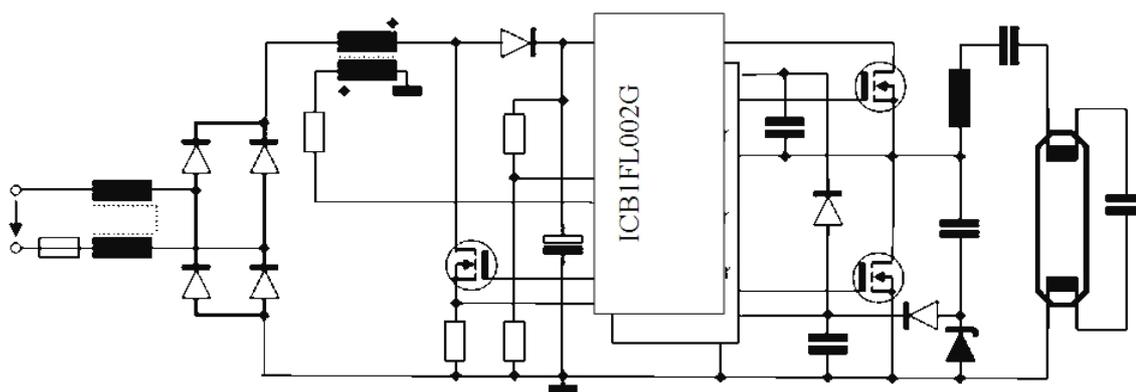


Рис. 6. Схема ЭПРА на основе микросхемы ICB1FL02G фирмы Infineon

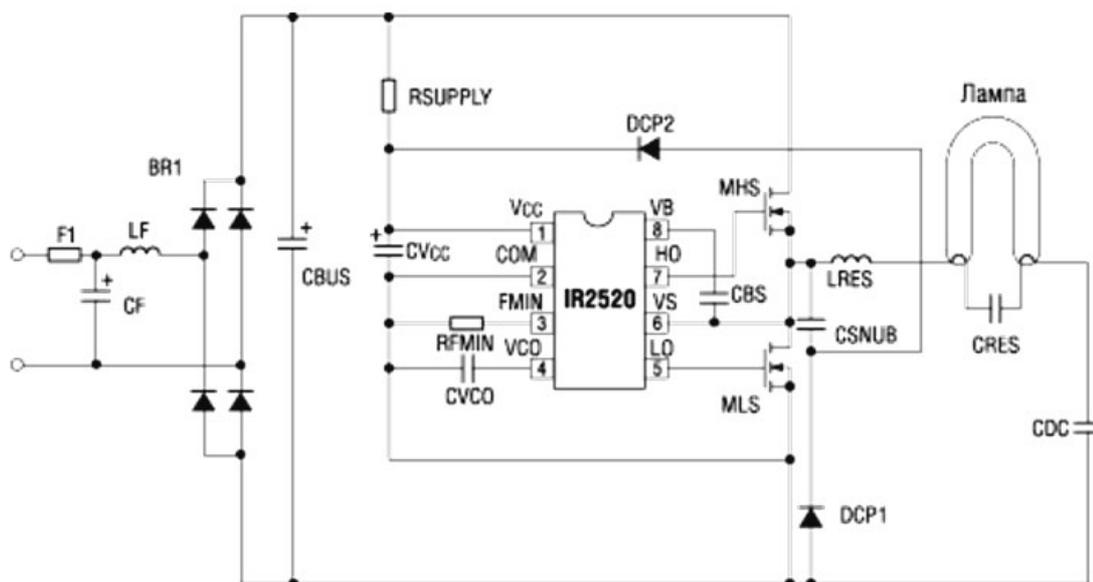


Рис. 7. Схема ЭПРА на основе IR2520D фирмы IR

Основное отличие данных микросхем - рабочая частота. У микросхемы фирмы NXP она составляет 39 кГц, у Infineon - 40 кГц и у IR может устанавливаться в диапазоне от 35 до 85 кГц.

Микросхема Infineon требует большого количества навесных элементов (на рисунке приведена упрощенная схема), но она снабжена стабилизатором напряжения. Основной плюс микросхемы IR - возможность установки конструктором рабочей частоты. Однако при этом есть опасность попасть на резонансную частоту лампы, что приведет к сокращению срока службы. С этой точки зрения, оптимальной является микросхема NXP, отличающаяся достаточно низкой, жестко заданной рабочей частотой, что в результате приводит к относительно небольшим потерям. Кроме того, в отличие от микросхемы IR, микросхема NXP обеспечивает защиту от емкостного режима. Хотя, нельзя не отметить основное преимущество IR - меньшие размеры и несколько меньшее количество навесных элементов.

Рассмотрим работу балласта на основе микросхемы UBA2021 более подробно.

Недорогой электронный балласт UBA2021 был разработан для управления люминесцентной лампой Philips TDL58W или ей подобных ламп.

Схема в целом представляет собой полумостовой инвертор, питающийся напряжением. Он рассчитан на работу с питающим напряжением 230 В 50 - 60 Гц. Ключевым компонентом схемы является микросхема UBA2021, предназначенная для управления компактными и трубчатыми люминесцентными лампами. Микросхема - высоковольтный драйвер, обладающий всеми необходимыми функциями для корректного управления предварительным нагревом, поджигом и горением лампы. Кроме того, микросхема обеспечивает сдвиг уровня и управление (включены драйвер верхнего плеча и компенсационная обратная связь) двумя мощными дискретными КМОП-транзисторами PHX3N50E, а также защиту от емкостного режима.

Основные преимущества - низкая стоимость и небольшое число периферийных элементов.

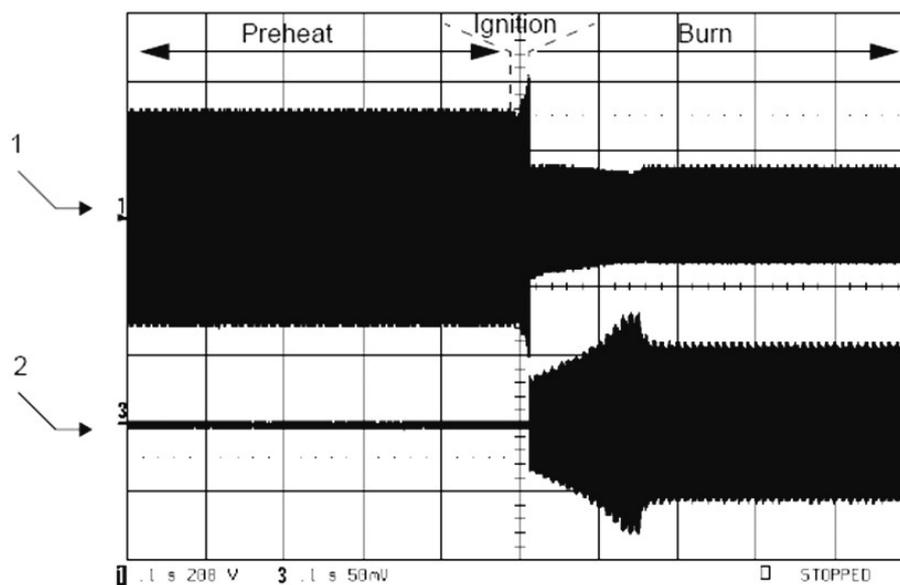
Работа лампы и ЭПРА делится на 3 фазы:

- Предварительный нагрев
- Поджиг
- Горение

Рассмотрим все фазы поочередно.

Ниже приведены осциллограммы тока и напряжения в лампе при использовании электронного

балласта UBA2021.



1 – $U_{\text{лампы}}$ – напряжение на лампе
2 – $I_{\text{лампы}}$ – ток в лампе

Рис. 8. Осциллограммы тока и напряжения в лампе

Включение

После включения выпрямленное питающее напряжение поступает на буферный конденсатор C4 через ограничитель пусковых бросков R1. Буферный конденсатор сглаживает пульсации напряжения (удвоенной частоты сети). Результат - высокое постоянное напряжение V_{hv} , которое подается на вход полумостового инвертора (силовые компоненты TR1, TR2, L1, C7, лампа C5 и C6). При включении конденсаторы низкого напряжения C9, C10 и C13 заряжаются высоким напряжением через резисторы R2, R4, электрод лампы и вывод 13 микросхемы UBA2021, который внутренне соединен с выводом 5 во время фазы включения. Как только напряжение VS на конденсаторе C13 достигает 5.5 В, происходит сброс микросхемы UBA2021.

После первоначального сброса транзистор TR2 открывается, а TR1 - закрывается. Благодаря этому, конденсатор компенсационной обратной связи C12 заряжается через петлю компенсационной обратной связи микросхемы UBA2021. Далее напряжение питания VS растет и, когда оно превышает 12 В, схема начинает генерировать колебания. Ток питания микросхемы устанавливается на уровне 14 мА. Система входит в фазу предварительного нагрева.

Примечание. Система снабжена функцией защиты от запуска при отсутствующей лампе. При отсутствии электрода цепь питания разрывается.

Фаза предварительного нагрева

КМОП-транзисторы TR1 и TR2 открываются попеременно. В средней точке моста возникает переменное напряжение квадратной формы, изменяющееся от 0 до V_{hv} . Стартовая частота - 98 кГц. При этих условиях схема, образованная D5, D6 и C8 параллельно C10 может взять на себя функцию питания низким напряжением от цепи питания при запуске. В течение примерно 1.8 с (время предварительного нагрева T_{pre} , задается конденсатором C17 и резистором R7) система находится в фазе предварительного нагрева, когда контролируется ток электрода лампы. Это позволяет обоим электродам лампы разогреваться в заранее определенном оптимальном режиме. Разогреваются эмитирующие электроды, и электроны в больших количествах эмитируются в лампу. Теперь лампа поджигается при намного более низком напряжении, так что электрическая нагрузка на лампу и схему сводится к минимуму, что обеспечивает долгий срок службы лампы.

После начала генерирования колебаний небольшой переменный ток начинает течь через среднюю точку полумоста через L1, C7 и электроды лампы. Частота постепенно снижается, а ток

возрастает. Скорость уменьшения частоты задается конденсатором C14 и внутренним источником тока. Частота перестает снижаться, когда достигается определенное переменное напряжение на резисторах предварительного нагрева R5 и R6, примерно через 3 мс после включения. Теперь UBA2021 управляет переменным током через электроды, измеряя падение напряжения на резисторах R5 и R6.

Во время всего предварительного нагрева частота полумоста намного выше резонансной частоты L1 и C7 (55.6 кГц), так что напряжение на C7 является достаточно низким и не позволяет лампе зажечься. Если напряжение будет высоким, лампа загорится слишком рано, что приведет к почернению ее концов. Этот феномен называется холодным поджигом.

Номинал балластной спирали L1 определяется необходимым током лампы, емкостью C7 и рабочей частотой в фазе горения. Величина минимальной емкости C7 зависит от L1 и напряжения, при котором лампа остается не зажженной при заданном токе предварительного нагрева и минимальном напряжении сети. В результате конденсатор C7 = 8.2 нФ обеспечивает наилучшие характеристики предварительного нагрева.

Фаза поджига

По истечении времени предварительного нагрева UBA2021 снижает частоту полумоста до нижнего порога f_b (39 кГц). Скорость уменьшения частоты сейчас намного ниже, чем в фазе предварительного нагрева. Частота переключения приближается к резонансной частоте контура, образованного L1, C7 и электродами лампы, на которой сопротивление блокирующих конденсаторов для постоянного тока C5 и C6 довольно мало. В худшем случае напряжение зажигания лампы TDL58W при низкой температуре составляет 600 В. Комбинация балластной спирали L1 и конденсатора C7 выбирается таким образом, чтобы напряжение на лампе превышало данный верхний уровень. Напряжение зажигания лампы определяет максимальное значение C7 при заданном значении L1 исходя из нижней частоты f_b микросхемы UBA2021. Нижняя частота f_b задается резистором R7 и конденсаторами C15/C16. Максимальное время поджига составляет 1.7 с (15/16 от T_{pre}) и задается C17 и R7. UBA2021 может переходить к фазе горения двумя способами:

- Если частота f_b не достигнута, переход осуществляется по истечении максимального времени поджига T_{ign}
- По достижении частоты f_b

Фаза горения

В фазе горения частота обычно падает до f_b (39 кГц), которая используется в качестве номинальной рабочей частоты. Однако, схема разработана таким образом, чтобы использовать упреждающее управление UBA2021, так что частота зависит от тока через вывод 13 микросхемы. Упреждающее управление активируется по достижении частоты f_b .

В фазе включения конденсаторы низкого напряжения C9, C10 и C13 заряжаются высоким напряжением V_{hv} через резисторы R2, R4, электрод лампы и вывод 13 микросхемы UBA2021, который внутренне соединен с выводом 5. В фазе горения вывод 13 соединяется с выводом 8. Теперь ток через резисторы R2 и R4 используется для получения информации для цепи упреждающего управления, чтобы управлять частотой переключения полумоста. Он пропорционален амплитуде выпрямленного напряжения сети V_{hv} . Пульсации сети (100 - 120 Гц) фильтруются конденсатором C17. В результате мощность лампы остается более или менее постоянной при изменении напряжения сети в диапазоне 200 - 260 В. Параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1. Напряжение в сети и мощность в лампе

| Vmains [V] | Pmains [W] | Plamp [W] | η [%] |
|------------|------------|-----------|------------|
| 200 | 52.0 | 47.6 | 92 |
| 210 | 53.5 | 48.9 | 91 |
| 220 | 54.4 | 49.6 | 91 |
| 230 | 55.0 | 50.0 | 91 |
| 240 | 55.4 | 50.2 | 91 |
| 250 | 55.6 | 50.3 | 91 |
| 260 | 55.8 | 50.3 | 90 |

где V_{mains} - напряжение сети, P_{mains} - мощность, потребляемая от сети, P_{lamp} - мощность излучения лампы, η - КПД.

На частотах выше 10 кГц лампу можно рассматривать, как резистивную нагрузку. Эффективность лампы на частотах выше 10 кГц значительно возрастает по сравнению с лампами, работающими на частоте 50 - 60 Гц. Это означает, что лампа TDL58W потребляющая 50 Вт на высокой частоте дает столько же света, сколько лампа TDL58W, потребляющая 58 Вт на частоте 50 - 60 Гц.

Защита

Для защиты схемы от перегрузок в микросхему UBA2021 встроена схема защиты от емкостного режима. Данная защита активна в фазах поджига и горения. Для этого UBA2021 анализирует условия переключения при нулевом напряжении при каждом цикле переключения полумоста. Это делается посредством отслеживания напряжения через R5 и R6. Если напряжение в момент включения TR2 ниже 20 мВ, это значит, что схема работает в емкостном режиме.

При обнаружении емкостного режима UBA2021 повышает частоту переключения. Скорость повышения частоты намного выше, чем скорость снижения во время предварительного нагрева и поджига. В результате, частота переключения поднимается выше резонансной частоты. Если емкостной режим больше не обнаруживается, частота опускается до частоты упреждающего управления. Защита от удаления лампы включена в цепь низковольтного питания UBA2021. Если удалить лампу, переменное напряжение на C6 будет равно 0, так что низкое напряжение питания на UBA2021 исчезнет. Когда будет установлена новая лампа, схема заработает вновь. При этом нет необходимости выключать балластную схему.

Наконец, схема не запускается при отсутствующей лампе. В этой ситуации пусковой резистор R4 отключен от напряжения V_{hv} .

Силовые компоненты

Применяется конденсатор C4 серии ASH-ELB 043, специально разработанный для балластов электронных ламп, со сроком эксплуатации 15 000 часов при 85°C. КМОП-транзисторы применяются серии PHX3N50E. Благодаря использованию принципа переключения при нулевом напряжении потери на переключение двух КМОП-транзисторов сведены к минимуму. Потери мощности - это, главным образом, потери на проводимость. При этом устройства нагреваются в зависимости от термосопротивления R_{th} и сопротивления сток-исток $R_{\text{ds,on}}$. Длительность фаз предварительного нагрева и поджига довольно мала, так что выбор типа КМОП-транзистора определяется током в балластной катушке индуктивности в фазе горения. Транзистор PHX3N50E поставляется в корпусе SOT186A, Его параметры $V_{\text{DSS}} = 500$ В и $R_{\text{ds,on}} < 3$ Ом.

Балластная катушка индуктивности L1 индуктивностью 1 мГн сконструирована для работы с пиковым током поджига до 2.5 А, так что систему можно использовать без защитного заземления. Применяется катушка с сердечником E25/13/7, материал сердечника 3C85.

Конденсатор С7 емкостью 8.2 пФ типа КР/ММКР 376 сконструирован для работы с высокой скоростью изменения напряжения (dV/dt) при высокой частоте следования импульсов. Он рассчитан на напряжение пик-пик до 1700 В.

Вывод из написанного выше: микросхема UBA2021 является оптимальным драйвером люминесцентных ламп. Она недорогая, требует небольшого количества внешних элементов, надежна и обеспечивает оптимальный режим работы люминесцентной лампы.

Владимир Захаров,
Компания **Гамма Санкт-Петербург**

Справочная информация

Некоторые характеристики применяемых источников света и их взаимозаменяемость в светильниках

Лампы накаливания

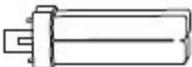
| Схематичное изображение | Цоколь | Мощность, Вт | Ток, А | Изготовитель | Условное обозначение | Поток, лм | Рабочее положение | |
|---|--------|-------------------------------|--|-------------------------------------|---|------------------------------|-------------------|----------------------|
|  | E27 | 40 | 0,18 | OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | CLAS A FR 40 GLS Clear 40W230V 40A1 Б 220-230-40 | 420 415 300 430 | ЛЮБОЕ | |
| | | 60 | 0,27 | OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | CLAS A FR 60 GLS Clear 60W230V 60A1 Б 220-230-60 | 710 710 540 730 | | |
| | | 75 | 0,34 | OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | CLAS A FR 75 GLS Clear 75W230V 75A1 Б 220-230-75 | 940 925 730 960 | | |
| | | 100 | 0,45 | OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | CLAS A FR 100 GLS Clear 100W230V 100A1 Б 220-230-100 | 1360 1340 1080 1380 | | |
| | E40 | 300 | 1,3 | OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | SPC.A CL300 Normal 300W 300A1/CL/E40 PH 220-240-300 | 5000 | | 8400 8450 8400 |
| | | | | | | 4510 | | |
| | | | | | | 4850 | | |
| 500 | 2,2 | OSRAM SYLVANIA B.A.B.C. | SPC.A CL500 Normal 500W PH 215-225-500-1 | 8400 | | | | |
| | | | | 8450 | | | | |
| | | | | | 8400 | | | |

Галогенные лампы накаливания

| Схематичное изображение | Цоколь | Мощность, Вт | Ток, А | Изготовитель | Условное обозначение | Поток, лм | Рабочее положение |
|-------------------------|--------|--------------|--------|------------------------------------|--|------------------------------|-------------------|
| | G53 | 35-100 | – | Philips OSRAM | ALUline Pro 111 HALOSPOT 111 | 600-2200 600-2200 | ЛЮБОЕ |
| | E27 | 50 | – | Philips OSRAM SYLVANIA GE | PAR 20S HALOPAR 20 FL HI SPOT 80 50W 50PAR25/230/FL | 950 900 900 850 | |
| | | 75 | – | Philips OSRAM SYLVANIA GE | PAR 30S HALOPAR 30 FL HI SPOT 9575 75PAR30/230/FL | 1575 1450 1450 1350 | |
| | | 100 | – | Philips SYLVANIA GE | PAR 30S HI SPOT 10005 100PAR30/230/FL | 2200 2100 2000 | |
| | GY6.35 | 100 | – | Philips SYLVANIA GE | CAPCULEline Pro Axial 12V/100W M28/Q100 | 2200 2100 2000 | |
| | GU5.3 | 50 | – | Philips OSRAM SYLVANIA GE | Diamondline Pro 14671/12V 41871WFL Superia50 EXN 12V/50W EXT/CG code 20872 | 950 900 900 850 | |
| | E27 | 120 | – | OSRAM SYLVANIA GE | CONC PAR38 FL 120 PAR38 120PAR38/FL | 2600 2550 2300 | |

Компактные люминесцентные лампы

| Схематичное изображение | Цоколь | Мощность, Вт | Ток, А | Изготовитель | Условное обозначение | Поток, лм | Рабочее положение |
|-------------------------|--------|--------------|--------|--|--|--------------------------------------|-------------------|
| | G23 | 9 | 0,17 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | PL-S 9W DULUX S 9W Lynx-S 9W F9BX | 600 600 600 600 | ЛЮБОЕ |
| | | 11 | 0,15 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | MASTER PL-S 11W DULUX S 11W Lynx-S 11W F11BX | 900 900 900 900 | |
| | 2G11 | 18 | 0,375 | Philips OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | PL-L18W DULUX L 18W Lynx-L 18W F18BX КЛ18 | 1200 1200 1200 1250 1200 | |
| | | 36 | 0,435 | Philips OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | PL-L36W DULUX L 36W Lynx-L 36W F36BX КЛ36 | 2900 2900 2900 2900 2900 | |
| | | 55 | 0,55 | Philips OSRAM SYLVANIA | PL-L55W DULUX L 55W Lynx-LE 55W | 4800 4800 4800 | |

| | | | | | | |
|---|---------|----|-------|--|--|--------------------------------------|
|  | G24d-1 | 13 | 0,175 | GE Philips OSRAM SYLVANIA | F55BX PL-C13W DULUX D 13W Lynx-D 13W F13BXT4 | 4850 900 900 900 900 |
| | G24d-2 | 18 | 0,22 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | PL-C18W DULUX D 18W Lynx-D 18W F18BXT4 | 1200 1200 1200 1200 |
| | G24d-3 | 26 | 0,325 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | PL-C26W DULUX D 26W Lynx-D 26W F26BXT4 | 1800 1800 1800 1710 |
|  | G24q-1 | 13 | 0,165 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | PL-C13W DULUX D/E 13W Lynx-DE 13W F13DBX | 900 900 900 900 |
| | G24q-2 | 18 | 0,21 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | PL-C18W DULUX D/E 18W Lynx-DE 18W F18DBX | 1200 1200 1200 1200 |
| | G24q-3 | 26 | 0,3 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | PL-C26W DULUX D/E 26W Lynx-DE 26W F26DBX | 1800 1800 1800 1710 |
| | GX24q-3 | 32 | 0,32 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | PL-T 32W DULUX TE 32W Lynx-TE 32W F32TBX | 2400 2400 2400 2200 |
| | GX24q-4 | 42 | 0,32 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | PL-T 42W DULUX TE 42W Lynx-TE 42W F42TBX | 3200 3200 3200 3200 |
|  | G10q | 22 | 0,4 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | TL-E 22W L22W FC22W FC8T9 | 1250 1350 1200 1000 |
| | | 32 | 0,45 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | TL-E 32W L32W FC32W FC12T9 | 2050 2050 1700 1825 |
|  | E27 | 15 | 0,12 | Philips OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | Master PL 15W DULUX EL LL 15W Mini-Linx T 15W/E27 FLE15TBXSP КЛЭ15-6 | 875 900 900 900 900 |
| | | 21 | 0,135 | OSRAM | DULUX EL ECO 21W | 1200 |
| | | 23 | 0,18 | Philips OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | Master PL 23W DULUX EL LL 23W Mini-Linx T 23W/E27 FLE23TBXSP КЛЭ23-6 | 1485 1500 1500 1500 1500 |

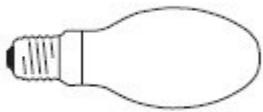
Линейные люминесцентные лампы (T5) Ø 16 мм

| Схематичное изображение | Цоколь | Мощность, Вт | Ток, А | Изготовитель | Условное обозначение | Поток, лм |
|---|--------|--------------|--------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
|  | G5 | 4 | 0,17 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | TL4W/33 L4W F4W F4 | 140 120 140 150 |
| | | 6 | 0,16 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | TL6W/35 L6W F6W F6 | 260 240 280 260 |
| | | 8 | 0,15 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | TL8W/35 L8W F8W F8 | 380 330 400 380 |
| | | 14 | 0,17 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | TL5 HE 14W FH14W FHE14W F14W | 1100 1200 1250 1350 |
| | | 28 | 0,17 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | TL5 HE 28W FH28W FHE28W F28W | 2600 2600 2700 2900 |
| | | 35 | 0,175 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | TL5 HE 35W FH35W FHE35W F35W | 3300 3300 3400 3650 |

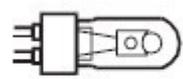
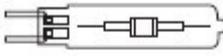
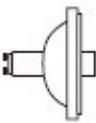
Линейные люминесцентные лампы (T8) Ø 26 мм

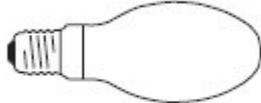
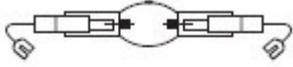
| Схематичное изображение | Цоколь | Мощность, Вт | Ток, А | Изготовитель | Условное обозначение | Поток, лм |
|---|--------|--------------|--------|--|--|--------------------------------------|
|  | G13 | 15 | 0,33 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | TL-D15W L15W F15W F15 | 900 950 900 850 |
| | | 18 | 0,36 | Philips OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | TL-D18W L18W F18W F18 ЛБ18 | 1100 1300 1100 1150 1060 |
| | | 36 | 0,44 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | TL-D36W L36W F36Wv F36 | 2975 3250 2600 2600 |
| | | 58 | 0,67 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | TL-D58W L58W F58W F58 | 4600 5200 4600 4600 |

Ртутные лампы высокого давления

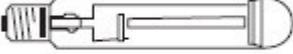
| Схематичное изображение | Цоколь | Мощность, Вт | Ток, А | Изготовитель | Условное обозначение | Поток, лм |
|---|--------|--------------|--------|--|--|---|
|  | E27 | 80 | 0,8 | Philips OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | HPL-N 80W HQL 80 HSL-BW 80W H80NDX ДРЛ80 | 4000 3400 3800 4000 3400 |
| | | 125 | 1,15 | Philips OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | HPL-N 125W HQL 125 HSL-BW 125W H125NDX ДРЛ125 | 6800 5700 6300 6500 6000 |
| | E40 | 250 | 2,1 | Philips OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | HPL N 250 HG HQL 250 HSL-BW250W H250ST/25MIH ДРЛ 250 | 12700 13000 13000 13000 13200 |
| | | 400 | 3,25 | Philips OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | HPL N 400 HG HQL 400 HSL-BW400W H250ST/40MIH ДРЛ 400 | 22000 22000 22000 13000 23700 |

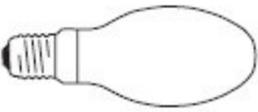
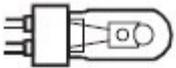
Металлогалогенные лампы

| Схематичное изображение | Цоколь | Мощность, Вт | Ток, А | Изготовитель | Условное обозначение | Поток, лм |
|---|---------|---|--------|------------------------------------|---|--|
|  Только для закрытых светильников | G12 | 70 | 1 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | CDM-T 70W HCI-T 70 CMI-T 70W ARC70tt | 6600 6700 6000 5500 |
| | | 150 | 1,8 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | CDM-T 150W HCI-T 150 CMI-T 150W ARC150/T | 14000 14500 13000 12000 |
|  Только для закрытых светильников | G8.5 | 70 | 0,98 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | CDM-TC 70W HCI-TC70 CMI-TC 70W CMH70 | 6400 6900 6200 6000 |
| | |  | 35 | 0,53 | Philips OSRAM | Master Color CDM-R111 35W HCI-R111 35 |
| | 70 | | 0,88 | Philips OSRAM | Master Color CDM-R111 70W HCI-R111 70 | 6400 6900 |
| | RX7s | 70 | 1 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | MHN-Pro TD 70W HQI-TS 70 HSI-TD 70W ARC70 | 5700 5000 5400 5500 |
| | RX7s-24 | 150 | 1,8 | Philipsv OSRAM | MHN-Pro TD 150Wv HQI-TS | 12900 11000 |

| | | | | | | |
|---|---|--------------------------|------------------------------------|--|--|---|
|  Только для закрытых светильников | | | | SYLVANIA GE | 150 HSI-TD 150W ARC150 | 11000 12000 |
|  Только для закрытых светильников | E40 | 250 | 3 | OSRAM SYLVANIA | HQI-T 250 HSI-T 250 | 20000 20000 |
| | | 400 | 3,4 | Philips OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | HPI-T Plus 400 HQI-T 400 HSI-THX 400W ARC400/T ДРИ 400-6 | 35000 34000 36000 35000 33000 |
|  | E27 | 70 | 1 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | CDO-ET 70W HQI-E70 HSI-MP 70 CO CMH70/E | 5600 5200 5200 6000 |
| | | | | E40 | 150 | 1,8 |
| | 250 | 3 | OSRAM SYLVANIA | | HQI-E 250 HSI-SX 250W | 17000 20000 |
| | 400 | 3,4 3,4 3,4 3,5 | SYLVANIA Philips GE OSRAM | | HSI-HX 400W HPI Plus 400 BU KRC400/D/VBU HQI-E 400 | 35200 32500 32000 31000 |
| |  Только для закрытых светильников | Кабель | 1000 | 9,6 | OSRAM | HQI-TS 1000/D/S |
| 2000 | | | 11,3 | Philips OSRAM SYLVANIA | MHN-SBPro 2000W HQI-TS 2000/D/S HSI-TD 2000W/D | 200000 200000 200000 |

Натриевые лампы высокого давления

| Схематичное изображение | Цоколь | Мощность, Вт | Ток, А | Изготовитель | Условное обозначение | Поток, лм |
|---|---------|--------------|--------|--|--|---|
|  Только для закрытых светильников | RX7s | 70 | 1 | OSRAM | NAV-TS 70 SUPER 4Y | 6800 |
| | RX7s-24 | 150 | 1,8 | OSRAM | NAV-TS 150 SUPER 4Y | 15000 |
|  | E40 | 250 | 3 | Philips OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C. | SON-T Pro 250W NAV-T 250 SHP-T 250 W LU250/T/40 MиH ДHaT 250 | 28000 27000 28000 27500 24000 |
| | | 400 | 4,4 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | SON-T Pro 400W NAV-T 400 SHP-T 400 W | 48000 48000 48000 50000 |

| | | | | | | |
|---|--------|-----|------|---|--|--------------------------------------|
| | | | | B.A.B.C. | LU400/T/40 МИН ДНаТ 400 | 47500 |
| | | 600 | 5,8 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | Master SON-T PIA PLUS 600 PLANTASTAR 600 SHP-TS 600W LU 600/НО/Т/40 МИН | 87500v 90000 90000 90000 |
|  | E27 | 70 | 0,98 | Philips OSRAM SYLVANIAv GE B.A.B.C. | SON Pro 70W-E NAV-E 70/E SHP-S 70W LU 70/90/D ДнаМт 70 | 5600 5600 6000 6000 5600 |
| | E40 | 150 | 1,8 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | SON Pro 150W-E NAV-E 150 SHP-S 150W LU 150 | 14500 14000 15500 15000 |
| | | 250 | 3 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | SON Pro 250W NAV-E 250 SHP 250W LU250/T/40 МИН | 27000 25000 26000 27500 |
| | | 400 | 4,45 | Philips OSRAM SYLVANIA GE | SON Pro 400W NAV-E 400 SHP 400W LU400/T/40 МИН | 48000 47000 47000 50000 |
| | | 400 | 4,6 | Рефлакс | ДНаЗ 400-1 | 46000 |
|  Только для закрытых светильников | GX12-1 | 100 | 1,1 | Philips | SDW-TG 100W | 4900 |

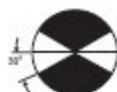
Рабочие положения ламп



P 15



P 20



P 30



P 45



H 15



Допустимое



Недопустимое

Источник: <http://www.rif.su/>

Главный редактор бесплатного [электронного электротехнического журнала «Я электрик!»](#)



Повный Андрей Владимирович

Преподаватель Гомельского государственного политехнического колледжа

С 2005 года создаю и продвигаю сайты электротехнической тематики.

Автор почтовой рассылки [«Электротехническая энциклопедия»](#), ряда статей, публикаций и электронных книг.

Мои авторские электронные книги:

«Все, что каждый квалифицированный электрик должен знать про электромагнитные реле, пускатели и контакторы»

Электронная книга «Все, что каждый квалифицированный электрик должен знать про электромагнитные реле, пускатели и контакторы» написана на основе моих статей, опубликованных ранее на сайте [«Школа для электрика»](#)

В книге рассмотрены устройство, принцип действия, технические характеристики, правила выбора, особенности в работе и принципы наладки эксплуатации электромагнитных аппаратов дистанционного управления: электромагнитных реле, пускателей, контакторов, исполнительных и грузоподъемных электромагнитов и электромагнитных муфт.

Скачать эту электронную книгу можно, перейдя по ссылке

<http://www.electrolibrary.info/books/contactors.htm>



«Интернет для электрика»

Где найти в Интернете специалисту-электрику узкотематическую информацию. Серия "Путеводитель по электротехническому Интернету".

В книге освещаются вопросы поиска и применения информации в Интернет в электротехнике и электроэнергетике. Фактически книга "Интернет для электрика" - это справочник по информационным электротехническим ресурсам как русскоязычного, так и англоязычного Интернета.



Эта книга рассчитана, как на новичков, так и на профессионалов.

Скачать электронную книгу "Интернет для электрика" можно здесь:

<http://www.electrolibrary.info/main/webelectrik.htm>

Контакты

e-mail: electroby@mail.ru

WWW: <http://electrolibrary.info>

<http://electrolibrary.info/electrik.htm> - Все предыдущие номера бесплатного электронного журнала «Я электрик!»

<http://electricalschool.info/> - Школа для электрика

Скоро Новый Год!

